



## ANEXOS INFORME FINAL

PROYECTO LIFE + 07 NAT/E/000742

*Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha*

***“Priorimancha”***

### 7.2.6. Evaluación de la efectividad de las actuaciones Acción E.6

7.2.6.1 Evaluación de la efectividad de la corrección de tendidos eléctricos  
(acción. C.1)



**Socio:** Fundación CBD-Hábitat  
Junio 2014





# **Evaluación de la efectividad de la corrección de tendidos eléctricos del proyecto LIFE07/NAT/E/00742 "Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha"**

Realizado por Francisco Guil Celada  
Dr. Ingeniero de Montes  
Colegiado nº 4.234

# Resumen ejecutivo

La interacción de las aves con los tendidos eléctricos se produce de 3 formas fundamentales: colisión, electrocución y enganche. La colisión es la forma más extendida y se produce en todo tipo de líneas y en todo el mundo. Afecta además a todo tipo de aves, aunque incide más en aquellas de poca capacidad de maniobra. La electrocución es más propia de aves grandes, entre las que se cuentan algunas de las especies más amenazadas de Europa, como el águila imperial ibérica o el águila de Bonelli o perdicera. Para ambas especies supone su principal causa de mortalidad conocida. Será por tanto la electrocución de las aves el objeto principal de este trabajo. De forma específica, buscará conocer la situación y las causas de dicha electrocución y a la vez conocer cómo se han mitigado con la aplicación de las medidas contempladas en el proyecto LIFE+ "Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha".

La mortalidad de aves por electrocución es un fenómeno global, aunque tiene mayor incidencia en los países más desarrollados, por el mayor tamaño de la red de distribución, y especialmente en aquellos que poseen apoyos derivados a tierra, como sucede en buena parte de Europa y Asia. Aunque las mayores tasas de mortalidad de aves consideradas por países no se dan en España, sí que resultan mucho mayores las tasas de electrocución de rapaces y en concreto de grandes águilas. Es en Castilla-La Mancha donde se dan las mayores tasas de electrocución del mundo conocidas para este grupo. Por lo tanto, la corrección de tendidos eléctricos en Castilla-La Mancha es un factor clave para la conservación de las poblaciones ibéricas y europeas de las especies objetivo del LIFE+.

En España la recuperación de algunas especies y los resultados del seguimiento de tendidos eléctricos confirman una tendencia al descenso de las tasas de mortalidad. Pero esta mortalidad, que se concentra en la submeseta sur, costa mediterránea y valle del Ebro, se encuentra ampliamente extendida. Parecen ser los agrosistemas extensivos de secano bien conservados y con buenas poblaciones de conejo las zonas más propicias para la mortalidad de las rapaces amenazadas y en concreto las grandes águilas. Estas zonas son relativamente abundantes en Castilla-La Mancha, lo que parece avalar el importante número de ejemplares electrocutados, especialmente de grandes águilas. Por lo tanto, para poder detectar adecuadamente la mortalidad de grandes rapaces por electrocución será necesario emprender programas de seguimiento de tendidos eléctricos que trasciendan el ámbito de Natura 2000.

El seguimiento efectuado en la acción E.4. "Evaluación de la efectividad de la acción C.1" ha abarcado la práctica totalidad de las principales áreas de dispersión de grandes águilas, donde se dan mayores tasas de electrocución. Este seguimiento ha abarcado 16.817 apoyos repartidos en 216 tendidos (la mayor parte de los cuales se han seguido varias veces), que han supuesto la muerte de 1.167 aves, de las cuales son rapaces 1.007 y grandes águilas 113 (39 águilas imperiales y 33 perdiceras).

Se ha podido comprobar cómo las tasas de mortalidad han ido disminuyendo en estas áreas, probablemente fruto de la corrección de tendidos eléctricos. Además, se ha comprobado cómo las tasas de desaparición de las rapaces encontradas son relativamente bajas. Por lo tanto, se puede considerar que no afectan a la probabilidad de encontrar aves muertas en un tendido. El seguimiento efectuado ha aportado, la necesidad de efectuar cambios legislativos, dado que las pletinas metálicas (alargaderas) empleadas para incrementar la distancia entre cruceta y conductor son empleadas como zona de posada por las grandes rapaces.

Los trabajos de seguimiento efectuados muestran que la mortalidad en los tendidos corregidos dentro del proyecto LIFE+ queda prácticamente anulada (reducción del 93%), especialmente al compararla con la mortalidad que se mantiene en el resto del área de estudio. La práctica totalidad de la mortalidad se ha producido en apoyos con cadenas de amarre (8 de las 9, de los que 7 son apoyos de amarre y 1 especial). Algunas mejoras en los aspectos técnicos pueden ayudar a disminuir aún más la mortalidad, como la implementación de fundas preformadas en las grapas de amarre y aislamiento en 1 en estos conductores. En cualquier caso, se considera que las modificaciones efectuadas resultan adecuadas, especialmente al compararlas con el resto de información disponible.

Línea	Prov	Nº ap.	Mortalidad					
			Previa	2010	2011	2012	2013	2014
Minas-Picohondoneros	AB	31		3 culebreras		Sin mortalidad	Sin mortalidad	
Cañada La Manga	AB	11	1 imperial (2009)		1 culebrera, 2 búhos		2 imperiales, 1 real, 1 culebrera, 3 búhos, 5 ratoneros	Sin mortalidad
Navalcaballo-Sabinar	AB-CR	98	9 perdiceras, 3 reales, 2 culebreras, 13 ratoneros, 10 búhos, 4 ratoneros, 4 cernicalos	2 perdiceras, 3 reales, 3 culebreras, 2 búhos reales, 2 ratoneros. 2 cernicalos vulgares, 1 garza real	2 imperiales, 1 real, 1 culebrera	1 perdicera, 3 búho	Sin mortalidad	
Guijoso a pozos	AB	22	8 búhos, 14 ratoneros		1 culebrera	1 culebrera, 1 ratonero, 1 corneja	Sin mortalidad	Sin mortalidad
Lobillo	CR	30		3 perdiceras, 1 milano negro, 1 búho, 3 ratoneros	5 culebreras, 3 azores, 2 ratoneros, 1 búho, 1 corneja	1 culebrera	1 buitre leonado	1 culebrera
La Molata-Vianos	AB	2						
Derivaciones de Fresnedas	CR	5		1 real	Sin mortalidad		Sin mortalidad	
Ensanchas-Nave de Arriba	CR	34	1 imperial	1 culebrera	1 imperial	Sin mortalidad	Sin mortalidad	
Garganta-Conquista	CR	30	1 imperial, 1 perdicera, 1 real, 1 búho, 1 ratonero		1 imperial	2 cuervos	Sin mortalidad	1 imperial, 1 buitre negro, 1 buitre leonado
Las Tajoneras-El Jarón	CR	57	2 reales, 1 ratonero	1 perdicera, 8 primillas, 2 cernicalos, 2 ratoneros, 1 búho	Sin mortalidad	1 azor, 1 ratonero y 1 búho	Sin mortalidad	
El Allozo	CR	56	3 ratoneros, 1 palomas	1 imperial, 7 ratoneros, 1 paloma		2 ratoneros, 2 búhos, 3 grajillas, 2 palomas 1 urraca	1 urraca	Sin mortalidad
Cuesta de la Borracha	CR	29	2 imperiales, 2 reales, 1 búho real		1 culebrera	7 cuervos, 1 culebrera, 1 buitre leonado	1 milano real	3 imperiales Sin mortalidad posterior a la corrección
El Robledillo	CR	21						
Navas de la Condesa-Casa de Las Navas	CR	14	2 imperiales, 2 reales, 1 búho real		Sin mortalidad	Sin mortalidad	Sin mortalidad	
La Pedrera-Navarredonda	TO	23	2 imperiales			Sin mortalidad	Sin mortalidad	Sin mortalidad
Alamedilla-Palazuelos	TO	26	1 imperial	1 imperial	Sin mortalidad	6 imperiales, 3 culebreras, 1 azor	Sin mortalidad	Sin mortalidad

Resumen de la mortalidad encontrada en los tendidos eléctricos corregidos en el LIFE+, donde con fondo verde se resalta el año de finalización de las obras de corrección y con fondo rojo la mortalidad encontrada de forma posterior a las mismas

Además, los trabajos no sólo son técnicamente adecuados, sino que resultan económicamente rentables, al comparar la valoración de las especies que se dejan de electrocutar con la inversión efectuada. Por lo tanto, se puede considerar que los trabajos de corrección de tendidos eléctricos efectuados han sido eficaces y eficientes. Es de esperar por tanto que sirvan como ejemplo para otros trabajos semejantes.



# Índice

<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>4</b>
<b>Índice</b> .....	<b>7</b>
<b>Antecedentes</b> .....	<b>11</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>11</b>
Las formas negativas de interacción.....	12
Los condicionantes a la colisión.....	13
Los condicionantes a la electrocución.....	14
El marco legal.....	11
La corrección de la electrocución en España.....	17
Hacia la solución: la evaluación como herramienta para la mejora de la efectividad y la eficiencia.....	20
<b>Objetivos</b> .....	<b>16</b>
<b>La electrocución en el mundo</b> .....	<b>25</b>
Introducción.....	25
Material y métodos.....	25
Búsqueda bibliográfica.....	26
Manejo de datos.....	26
Análisis efectuado.....	26
Resultados.....	26
Trabajos encontrados.....	26
Trabajos por zonas y países.....	29
Tasas de electrocución para aves en general (T1).....	30
Tasas de electrocución para aves rapaces (T2).....	32
Tasas de electrocución para las grandes águilas (T3).....	33
Discusión.....	34
Bibliografía encontrada.....	34
Tasas de mortalidad.....	35
Aplicaciones a la conservación.....	36
<b>La electrocución en España</b> .....	<b>39</b>
Introducción.....	39
Material y métodos.....	39
Obtención y análisis de datos.....	39
Análisis espacial a escala estatal.....	40
Análisis factorial a escala estatal.....	40
Evolución temporal de la incidencia de la electrocución.....	41
Resultados.....	41
Electrocución detectada.....	41
Análisis espacial a escala estatal.....	43
Análisis factorial a escala estatal.....	47
Evolución temporal de la incidencia de la electrocución.....	49
Discusión.....	51
Electrocución detectada.....	51
Análisis espacial a escala estatal.....	52
Factores que intervienen en la electrocución.....	52
Evolución temporal de la incidencia de la electrocución.....	53
Aplicaciones a la conservación.....	53
<b>Resultados del seguimiento de tendidos del proyecto LIFE07/NAT/E/00742</b> .....	<b>57</b>
Introducción.....	57
Material y métodos.....	57
Área de estudio.....	57
Seguimiento de los tendidos.....	57
Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición.....	58

Análisis de la mortalidad .....	61
Resultados .....	60
Seguimiento de tendidos modificados .....	62
Seguimiento de tendidos control .....	63
Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición .....	62
Discusión .....	70
Seguimiento de tendidos modificados .....	70
Seguimiento de tendidos control .....	70
Seguimiento global de tendidos.....	73
Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición .....	73
Aplicaciones a la conservación.....	73
<b>La evaluación de la efectividad de las correcciones efectuadas en el proyecto LIFE07/NAT/E/00742 .....</b>	<b>77</b>
Introducción .....	77
Material y métodos.....	77
Evaluación de la tasa de mortalidad .....	77
La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos .....	79
Valoración de la eficiencia .....	79
Resultados .....	77
Evaluación de la tasa de mortalidad.....	80
La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos .....	81
Valoración de la eficiencia .....	82
Discusión .....	83
Evaluación de la tasa de mortalidad.....	83
La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos .....	84
Valoración de la eficiencia .....	84
Aplicaciones a la conservación.....	85
<b>Conclusiones.....</b>	<b>89</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>93</b>

# Introducción



## Antecedentes

Se redacta el presente informe a solicitud de la Fundación CBD-Habitat, como parte de la evaluación de la efectividad de las acciones de conservación emprendidas en el proyecto LIFE07/NAT/E/00742 "Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha". Este informe se enmarca dentro de la acción E.6. del citado proyecto, "Evaluación de la efectividad de las actuaciones de gestión del medio".

Dentro del mencionado proyecto LIFE+, la acción con mayor dotación presupuestaria ha sido la acción C.1. "Corrección de tendidos eléctricos". Dicha acción ha sido evaluada a través de los datos obtenidos a través de la acción E.4. "Evaluación de la efectividad de la acción C.1". Por lo tanto, la información disponible es fruto de los trabajos emprendidos dentro de dicha acción (realizados por Arcadio Calvo, José Guzmán y Miguel Vela), además de la información aportada por otros colaboradores (Ángel Arredondo, Juan Francisco Sánchez y F: Javier Sánchez).

## Introducción

Que las aves interactúan con las infraestructuras humanas es un hecho más que comprobado (Bevanger, 1998; Lehman et al. 2007). Los impactos de las infraestructuras eléctricas más frecuentes, de acuerdo con Negro (1999), son alteraciones paisajísticas (cuya magnitud dependerá de la naturalidad del paisaje), incremento de la contaminación atmosférica (tanto por los campos eléctricos como por el ruido producido por el efecto corona, muy frecuente en las líneas de transporte), cambios en el hábitat (tanto por la destrucción que se produce en el entorno inmediato de la línea como por la fragmentación y los efectos de borde asociados que éste genera) y finalmente las interacciones con la fauna.

En el caso de la infraestructura eléctrica hay interacciones positivas, puesto que constituyen lugares de nidificación así como posaderos y oteaderos, lo que favorece a numerosas especies (Steenhof et al. 1993). Pero también hay interacciones negativas, y estas parecen tener un mayor peso. Se trata de mortalidad directa ocasionada por colisión, enganche y electrocución, así como los efectos negativos derivados de los campos electromagnéticos (Phernie et al. 2000), menos estudiados. Dada la magnitud de ambos tipos de interacciones, se han estudiado mucho más aquellos aspectos negativos que los positivos, aunque, indudablemente, éstos existen y son muy relevantes para la conservación de muchas aves (Tryjanowski et al. 2013).

Las interacciones negativas entre tendidos eléctricos y aves son conocidas desde el siglo XIX (Coues, 1876). En España los primeros datos proceden de los trabajos del naturalista Jesús Garzón (1977), cuando encuentra varios cadáveres de águilas imperiales ibéricas (*Aquila adalberti*) en el Parque Nacional de Doñana. Desde entonces y hasta ahora, la interacción con las líneas eléctricas se ha revelado como una de las principales causas de mortalidad de la avifauna española. Así, para 24 especies de aves figura como una de sus principales amenazas, de acuerdo con el Libro Rojo de las Aves de España (Madroño et al. 2004). Y muchas de ellas se encuentran gravemente amenazadas, como puede ser el caso del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*), el águila perdicera (*Aquila fasciata*) o la avutarda hubara canaria (*Chlamydotis undulata fuerteventurae*), todas ellas en peligro de extinción.

Pero no sólo es que las especies amenazadas se vean afectadas por la interacción con tendidos eléctricos, sino que además supone una causa fundamental de su estado de conservación. Para el águila imperial ibérica, *Aquila adalberti*, el águila más amenazada del planeta y especie exclusiva de la Península Ibérica, representa la principal causa de mortalidad, con más del 50% de las muertes conocidas entre 1995 y 2005 (González et al. 2007; González y Margalida, 2008). Es también la principal causa de mortalidad para el águila-azor perdicera para la que representa el 50% de las muertes registradas (Real et al. 2001). Y supone mortalidades anuales de

hasta el 25% de la población de especies endémicas como la avutarda hubara canaria (García del Rey y Rodríguez-Lorenzo, 2012). Para otras especies amenazadas, como el sisón, *Tetrax tetrax*, o la avutarda, *Otis tarda*, la mitigación de la mortalidad por las interferencias con las líneas eléctricas está considerada como una prioridad por los planes de acción europeos o los planes de recuperación de las distintas CC.AA.

Y es que la preservación de éstas y otras especies amenazadas a nivel global que asumen como propia la administración comunitaria y española es una necesidad en toda Europa, donde la interacción con tendidos eléctricos representa una de las principales causas de mortalidad de la avifauna (Haas et al. 2005). En nuestro caso su mitigación es especialmente relevante. España alberga la práctica totalidad de las parejas de águila imperial ibérica que hay en el mundo. De igual forma, en España viven más del 60% de la población de avutardas, el 70% de la población de águila-azor perdicera, o el 90% de los sisones de todo el continente europeo (BirdLife International, 2004).

### Las formas negativas de interacción

Las interacciones negativas de las aves con los tendidos eléctricos se producen de 3 formas: colisión, electrocución y enganche. La colisión es la primera forma de interacción en detectarse, ya en el siglo XIX. Se produce cuando un ave en vuelo choca contra los cables que componen la estructura de transporte eléctrico. Es la forma de interacción más extendida (Bevanger, 1998) y se produce con todo tipo de cables, desde grandes infraestructuras de transmisión de 400 y 500 kV, líneas de transmisión medianas (Savareno et al. 1996), líneas de distribución (Jenkins et al. 2010) e incluso cables de baja tensión (Sundar y Choudhury, 2005). Es un fenómeno que se ha detectado globalmente, tanto en zonas frías (Bevanger y Brøseth, 2004) como templadas (Tere y Parasharya, 2011) y cálidas (McNeil et al. 1986).

El enganche es la forma de interacción más infrecuente y sólo era tristemente frecuente en el caso del guirre, *Neophron percnopterus majorensis* (Gangoso y Palacios, 2002), pues aparecían enganchados con cierta frecuencia en los estabilizadores de los cables de tierra de las líneas de transporte canarias (66kV). Precisamente a través del proyecto LIFE04NAT/E/000067 "Conservación del Guirre en ZEPAs de Fuerteventura" se solucionaron en buena medida dichos efectos.



Figura 1.1: Guirre enganchado en estabilizador de tendido eléctrico. Tomada del blog de Cesar Javier Palacios <http://blogs.20minutos.es/cronicaverde>

En la actualidad, aunque todavía sigue siendo víctima de la colisión (García del Rey y Rodríguez-Lorenzo, 2012), las tasas de mortalidad por interacción con tendidos eléctricos han descendido de forma muy notable. Este tipo de interacciones se han detectado también para otras especies, como las grajillas o las águilas pescadoras (Cerezo et al. 2010). Dado su baja tasa de afección, se trata de una de las formas de interacciones negativas menos estudiadas.

Finalmente, la electrocución es un fenómeno global, aunque con un impacto diferente al de las colisiones (Lehmann et al. 2007). Se produce cuando un ave toca dos elementos con diferente potencial, de forma simultánea, bien un elemento en tensión y un elemento derivado a tierra, como puede ser el caso de una fase y la cruceta, o bien dos elementos en tensión, como dos conductores simultáneamente. Se trata de un fenómeno con una intensidad más variable, que responde a diferentes factores, que se explicarán con posterioridad.

### Los condicionantes a la colisión

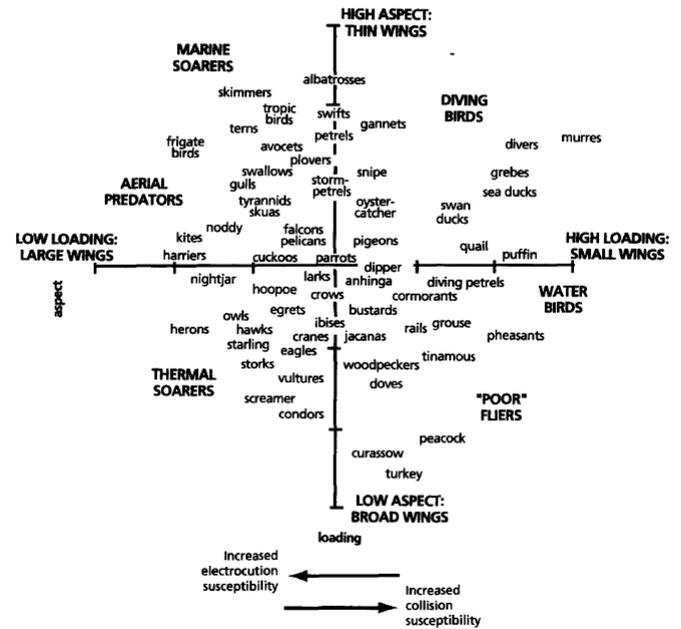
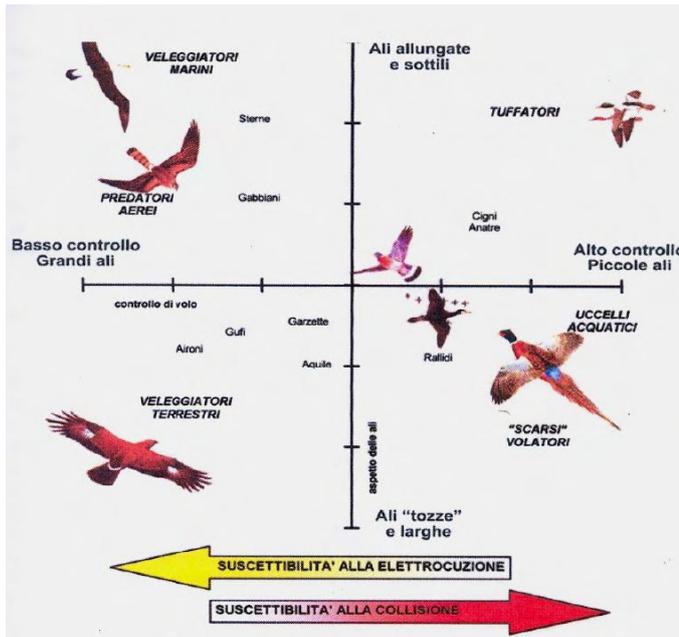
La colisión depende tanto de factores ambientales como del propio ave, así como condiciones propias de la línea. Con respecto a los factores ambientales que inciden en la misma se pueden encontrar la climatología y las condiciones de visibilidad asociada, la topografía y la disposición de la línea en relación a la misma (Penteriani, 1998). Son por ejemplo más favorables a la colisión las líneas dispuestas en zonas de concentración de pasos, como líneas de cresta, collados o puertos de montaña, así como líneas situadas en el entorno de grandes concentraciones migratorias (Shobrak, 2011), humedales (Janss y Ferrer, 1998). De igual forma, son más favorables áreas abiertas (Rollán et al. 2010) o zonas forestales donde los cables sobresalen ligeramente del terreno (Penteriani, 1998).

Dentro de las condiciones de la línea, se pueden encontrar el diámetro de los cables y el número de planos en que se disponen las fases (Cerezo et al. 2010). El diámetro de los conductores, así como de los cables de tierra en el caso de las líneas de transporte, influye en su detectabilidad. Por su parte, estructuras más complejas y con las fases dispuestas en un mayor número de planos hace más complicado esquivar los conductores a las aves, por lo que conllevan mayores tasas de colisión (Alonso et al. 1994).



Figuras 1.2 y 1.3: líneas de transporte de categoría especial (>220 kV) y de 132 kV, ambas con cable de tierra, que resulta más complicado de distinguir

La capacidad de vuelo del ave es fundamental a la hora de esquivar los obstáculos, al igual que su maniobrabilidad. Las aves más frecuentemente afectadas por la colisión son bien aquellas aves con mayores cargas alares (es decir, las que son menos hábiles a la hora de maniobrar; Janss, 2000). Son también muy afectadas aquellas aves sociales que vuelan en grupos (en muchos casos, las que circulan en los últimos lugares, por lo que disponen de menos tiempo para esquivar los obstáculos) o bien aquellas especies que realizan una migración nocturna (Cerezo et al. 2010).



Figuras 1.4 y 1.5: Esquema de susceptibilidad a la mortalidad por interacción con tendidos eléctricos, en función de la carga alar. Tomados de Pirovano (2008) y Bevanger (1998)

Pero la gran mayoría de las aves son susceptibles de colisionar, incluso aquellas con gran maniobrabilidad. De esta forma la colisión con tendidos eléctricos supone una causa relevante de mortalidad para buena parte de las rapaces, incluso aquellas que tienen una alta maniobrabilidad. En muchos de estos casos se trata de colisiones causadas durante la persecución de sus presas, por lo que a diferencia de la electrocución afecta tanto a adultos como a jóvenes (Rollán et al. 2010). Otros estudios han sugerido que las posibilidades de colisión son elevadas en el caso de las aves de presa por tener más desarrollada la visión periférica que la frontal, lo que hace menos detectables los tendidos eléctricos (Martin, 2011).

Por lo tanto, la colisión es una causa de mortalidad ampliamente extendida, que alcanza mayores cotas en áreas de concentración migratoria o en el entorno de humedales, que afecta a la práctica totalidad de las aves y contra la que resulta complicado luchar (Barrientos et al, 2011), especialmente en el caso de las especies más amenazadas, como la avutarda (Alonso et al. 1994; Janss y Ferrer, 1998).

## Los condicionantes a la electrocución

La electrocución es, con notable diferencia, la principal amenaza para la conservación de buena parte de las aves de presa amenazadas que habitan en países desarrollados. Pero no sólo afecta a estas especies, sino que puede afectar a muchas otras. Aunque la electrocución resulta más fácil en el caso de las aves de gran tamaño, también se puede dar en el caso de aves pequeñas. Y es que la electrocución se produce cuando el ave toca de manera simultánea dos elementos entre los que hay diferencia de potencial, bien sea entre dos fases (el caso más frecuente cuando los postes son de materiales poco conductores como la madera, Dwyer y Mannan, 2007) o bien entre conductor y cruceta derivada a tierra (el caso más frecuente en España, donde buena parte de los apoyos están derivados a tierra; Mañosa, 2001). Incluso, en algunos casos, como en el de los gregarios estorninos, no es necesario que un mismo ejemplar toque ambos elementos, sino que por contacto entre ellos e incluso por arco eléctrico pueden llegar a electrocutarse.

De esta forma intervienen numerosos factores, tanto propios del medio como de la configuración de la línea así como factores ambientales y del propio ave. En este último caso, además de la especie (Janss, 2000), se ha comprobado que intervienen otros factores, como el sexo (ya que las hembras suelen ser más grandes que los machos por el dimorfismo sexual inverso; Ferrer e Hiraldo, 1992) o la edad del ave (puesto que son más

susceptibles los ejemplares jóvenes; González et al. 2007). Además, el comportamiento de cada ave ha sido sugerido como otro factor que afecta a la electrocución (Lehmann et al. 2007).

Los factores ambientales están íntimamente ligados con la capacidad conductiva de las plumas (Nelson y Nelson, 1977). De esta forma, hay una fenología clara, donde las mayores tasas de mortalidad se producen en las épocas con mayores precipitaciones (Cerezo et al. 2010). Además, en el caso del otoño, se une a este factor la dispersión juvenil de las rapaces, que como ya se ha señalado son más sensibles a la electrocución (Lehmann et al. 2007). Dentro de los propios factores ambientales se pueden considerar la abundancia de presas (Guil et al. 2011), que a su vez viene condicionada por la vegetación y ésta por el uso y la naturaleza del territorio (Guzmán y Castaño, 1998).

La tipología de postes considerados también influye en las tasas de electrocución. El propio poste puede influir por su diseño técnico y por su emplazamiento (Mañosa, 2001). El tipo de postes más peligroso es el poste de amarre (Guil et al. 2011), que se caracteriza por disponer de aisladores en paralelo a la línea, lo que hace más fácil el contacto que en el caso de los aisladores suspendidos. La peligrosidad del apoyo también está condicionada por la longitud de la cadena de aisladores que separan la cruceta de los conductores, así como por el número de fases que haya por encima de la cruceta, de forma que resultan más seguros aquellos apoyos en los que no hay fases por encima y más peligrosos aquellos en los que están las 3 fases.

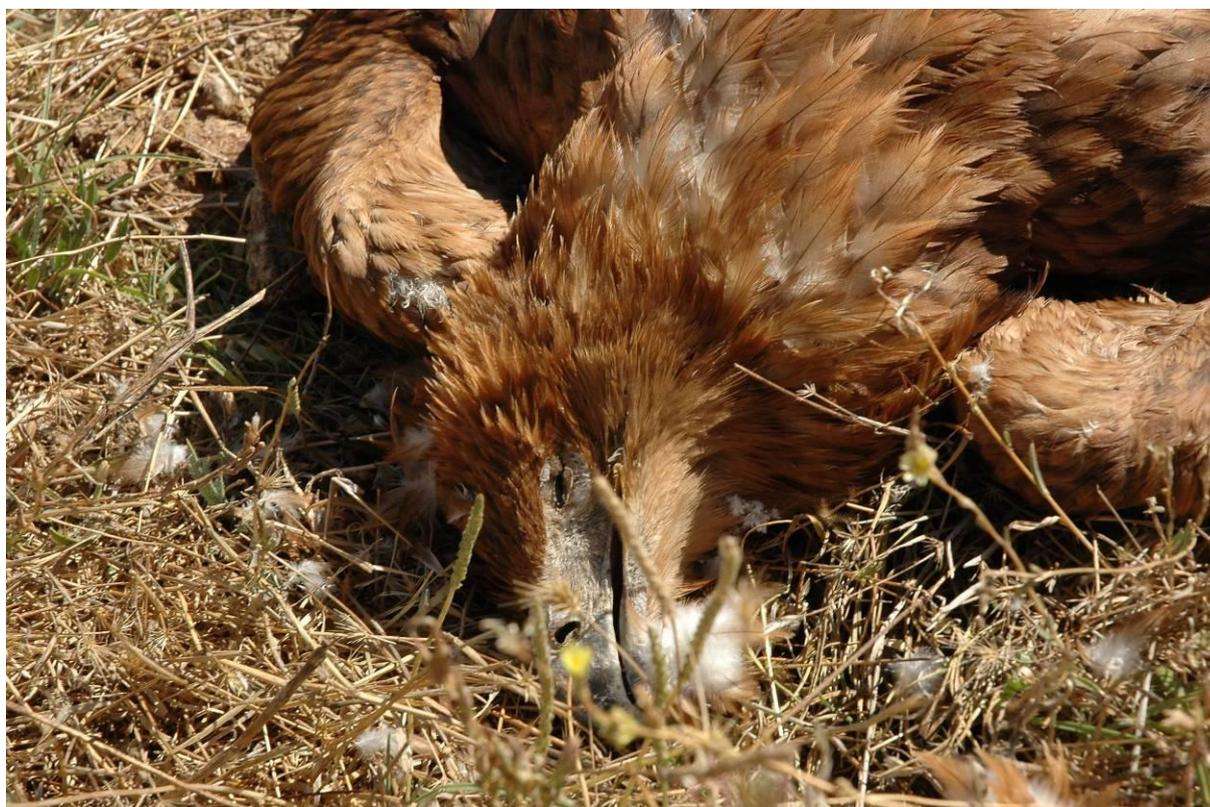


Figura 1.6: pollo del año de águila imperial electrocutado (T.M. Urda, Toledo). El tendido ha sido modificado con el proyecto LIFE+

Finalmente, hay que considerar la agrupación espacial que se produce en la mortalidad (Guil et al. 2011). Frente a algunos trabajos que hablan del "apoyo asesino" (*killing pylon*, Mañosa, 2001) los estudios más recientes sugieren una acumulación de la mortalidad en zonas concretas (Guil et al. 2011). Ésta se puede deber bien a una mayor abundancia de alimento en dichas áreas, por una gestión homogénea del territorio (Delibes-Mateos et al. 2008), o bien a un mismo diseño de los apoyos, fruto de la dominancia de los mismos operadores e instaladores.

## El marco legal

De acuerdo al marco legal español vigente, la obligación legal de conservación de las aves que son objeto del presente proyecto LIFE+ proviene en primera instancia de la *Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de noviembre de 2009 relativa a la conservación de las aves silvestres*, o Directiva Aves, que sustituye a la Directiva 79/409/CEE. En su artículo 4 se obliga a la gestión activa del medio destinada a minimizar las causas de mortalidad de determinadas especies: *Las especies mencionadas en el anexo I serán objeto de medidas de conservación especiales en cuanto a su hábitat, con el fin de asegurar su supervivencia y su reproducción en su área de distribución*. Dentro del Anexo I figuran la totalidad de las especies de aves cuya conservación ha sido objeto del presente proyecto LIFE: águila imperial ibérica, águila perdicera y buitre negro (*Aegypius monachus*).

En España esta obligación de gestión activa para la conservación de las citadas especies de aves se adquiere a través de la *Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*, que incorpora la Directiva Aves al ordenamiento jurídico español. Más en detalle encontramos el *Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*. Este Plan Estratégico establece la necesidad de disponer de elementos legislativos de carácter estratégico para combatir las principales amenazas para la biodiversidad y la necesidad de optimizar el empleo de los fondos disponibles, como los LIFE, a la vez que reconoce su eficaz contribución a la conservación de la biodiversidad.

Con respecto a los tendidos eléctricos, en España el marco general viene dado por el *Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión*. Éste Real Decreto establece la obligatoriedad de determinar las llamadas zonas de protección (que deben incluir las ZEPA, las áreas de aplicación de las especies que cuenten con planes de recuperación y aquellas zonas relevantes para la conservación de las aves que cada una de las comunidades autónomas quiera incluir), caracterizar los tendidos eléctricos presentes en dichas zonas de protección y comunicar a los titulares de dichas líneas que no cumplen con la reglamentación vigente. Posteriormente estos tendidos deben ser corregidos en un plazo de 5 años desde la publicación del R.D., con cargo a fondos del MAGRAMA. Pero por diversas cuestiones (administrativas y fundamentalmente de disponibilidad presupuestaria) dichas correcciones no se han llevado a cabo en su totalidad.

En Castilla-La Mancha las zonas de protección se designaron mediante la *Resolución de 28/08/2009, del Organismo Autónomo Espacios Naturales de Castilla-La Mancha, por la que se delimitan las áreas prioritarias de reproducción, de alimentación, de dispersión y de concentración local de las especies de aves incluidas en el catálogo regional de especies amenazadas de Castilla-La Mancha, y se dispone la publicación de las zonas de protección existentes en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha en las que serán de aplicación las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en las líneas eléctricas aéreas de alta tensión*.

En Castilla-La Mancha, como puede comprobarse en la figura siguiente, la superficie declarada como zona de protección es muy considerable. Esto se debe a la existencia de planes de recuperación para el águila imperial ibérica y de conservación para el buitre negro (aprobados mediante el *Decreto 275/2003, de 09-09-2003, por el que se aprueban los planes de recuperación del águila imperial ibérica (Aquila adalberti), de la cigüeña negra (Ciconia nigra) y el plan de conservación del buitre negro (Aegypius monachus)*, y se declaran zonas sensibles las áreas críticas para la supervivencia de estas especies en Castilla-La Mancha). Éstos planes de gestión ya contemplan la interacción con tendidos eléctricos como una de las principales causas de mortalidad, a la que se debe hacer frente para minimizar el problema.

Además, Castilla-La Mancha es una de las regiones pioneras en contar con legislación propia para minimizar los problemas derivados de la presencia de tendidos eléctricos. Así, cuenta desde 1999 con el *Decreto 5/1999, de 02-02, por el que se establecen normas para instalaciones eléctricas aéreas en alta tensión y líneas aéreas en baja tensión con fines de protección de la avifauna*. De forma previa a lo establecido en el R.D.

1432/2008, este Decreto establece para el conjunto de Castilla-La Mancha la prohibición de instalar nuevas líneas con las disposiciones más peligrosas (fases por encima de la cruceta, cadenas de amarre cortas, etc.). A diferencia de otras normas semejantes, no hace referencia a la corrección de los tendidos existentes.

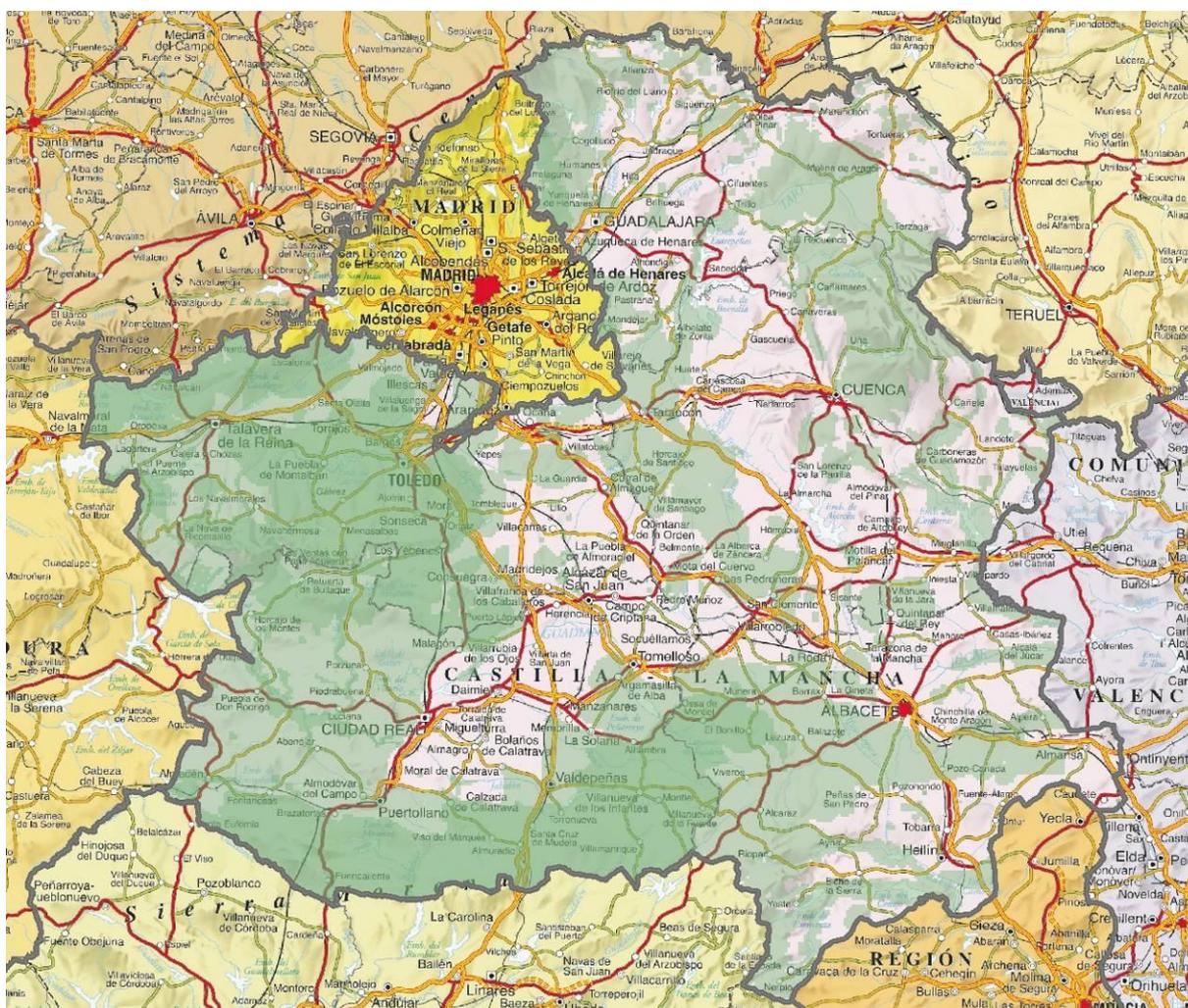


Figura 1.7: mapa de las zonas de protección en Castilla-La Mancha (en verde)

Lo contenido en el Decreto 5/1999 se ve reforzado por el conjunto de la legislación sectorial y transversal. En el caso de Castilla-La Mancha, desde 1999 se dispone del Plan de Conservación del Medio Natural, que recoge las diferentes amenazas para la biodiversidad y las formas de compatibilizarlas con una gestión y un desarrollo sostenibles de las áreas rurales. Este enfoque se ve reforzado por la aprobación por Decisión de la Comisión Europea C(2008) 3832, de 16 de julio de 2008, del Programa de Desarrollo Rural de Castilla-La Mancha, que también contiene medidas enfocadas a la conservación del medio, entre las cuales se pueden contar la corrección de tendidos eléctricos.

Por lo tanto, y de acuerdo a todo lo visto anteriormente se cuenta con un escenario legislativo favorable para llevar a cabo las correcciones de tendidos eléctricos peligrosos para las aves.

### **La corrección de la electrocución en España**

Como ya se ha mencionado, en España los primeros casos de electrocución se detectaron en los años 70 del pasado siglo en Doñana (Garzón, 1977). Fue en este mismo espacio natural protegido en el que se comenzaron a desarrollar actuaciones para la protección de la avifauna (Regidor et al. 1988; Negro et al. 1989).

En 1984 se comienzan a instalar posaderos como lugares alternativos de posada (Negro et al. 1989), cuyos resultados son muy poco satisfactorios. Así, entre 1986 y 1988 se sustituyeron numerosas líneas por otras (aproximadamente 30 km) con cables trenzados, tanto aéreas como subterráneas (Cadenas y Máñez, 1988). De las distintas medidas probadas durante los años 80, la mayor efectividad parece darse en los tendidos en los que se aíslan las fases o las crucetas (Negro et al. 1989).

A partir de entonces y gracias al consenso de las administraciones vinculadas, se desarrolló el Plan Coordinado de Actuaciones (1992-1998), que supuso la corrección de más de 1.300 km de tendidos peligrosos corregidos (MMA, 2001). Este Plan contó con financiación LIFE en la mayor parte de los territorios y espacios donde se llevó a cabo. Y la mayor parte de las correcciones se efectuaron siguiendo los criterios vigentes (Negro, 1987). De esta forma se aislaron buena parte de los conductores de los tendidos eléctricos más peligrosos (Negro et al. 1989). Pero además en muchos casos se procedió a la sustitución de apoyos de aislador rígido por apoyos con aisladores suspendidos y cruceta en bóveda.

A partir de entonces, las acciones de corrección de tendidos eléctricos para la conservación del águila imperial pierden cierta intensidad, mientras que se aplican parte de los resultados obtenidos en la conservación de otras especies y en otros territorios, como puede ser el águila perdicera y fuera de las zonas de actuación preferentes de los proyectos del águila imperial. Estas acciones de conservación nacen apoyadas por numerosas iniciativas LIFE, como pueden ser el LIFE-96 NAT/E/3114 para la recuperación del águila de Bonelli en Navarra; el LIFE-97 NAT/E/3200 "Conservación del águila perdicera (*Hieratus fasciatus*) y la cigüeña negra (*Ciconia nigra*) en la ZEPA de "Arribes del Duero" (Zamora, Salamanca - España)", el LIFE-97 NAT/E/4180 para la recuperación del águila de Bonelli en la Sierra de Guara, el LIFE-99 NAT/E/6419 para la recuperación del águila-azor perdicera en La Rioja, el LIFE-00 NAT/E/7336 para la recuperación del águila de Bonelli en Álava o el LIFE-02 NAT/E/8602 Conservación y Gestión del Águila-azor perdicera (*Hieraetus fasciatus*) en la ZEPA Sierra de Almenara, las Moreras y Cabo Cope.

En la práctica totalidad de estos proyectos se llevaron a cabo programas de seguimiento de tendidos eléctricos y correcciones de los más peligrosos siguiendo las mejores prácticas detectadas en el marco del Plan de Actuaciones Coordinado. El seguimiento de tendidos eléctricos es una acción que también ha formado parte de importantes proyectos de reintroducción, como el LIFE-02 NAT/E/0008624 Recuperación de quebrantahuesos en los Picos de Europa o el LIFE-04NAT/ES/000056 Acciones para la Reintroducción del Quebrantahuesos en Andalucía.



Figuras 1.8 a 1.10: aspecto del tendido de Las Cañas (T.M. Valdepeñas, Ciudad Real), detalle del aislamiento efectuado en el marco del Plan de Actuaciones coordinado y detalle del aislamiento OLIT-M en rojo (tomado del catálogo del producto, <http://www.te.com/en/industries/energy.html>)

En una fase posterior y dada la envergadura de las interacciones entre tendidos eléctricos y avifauna, se han desarrollado proyectos específicos de corrección de tendidos eléctricos, algunos de ellos financiados con fondos LIFE. Tenemos entre otros los proyectos LIFE04-NAT/E/0034 Adecuación de tendidos eléctricos en las ZEPAs de Aragón o el LIFE-06NAT/E/000214 Corrección de Tendidos Eléctricos Peligrosos en Zonas de Especial Protección para las Aves de la Región de Murcia.

Pero pasados los años algunas de las correcciones efectuadas en primer lugar y basadas en el aislamiento han comenzado a fallar. De esta forma, en un trabajo de seguimiento de tendidos eléctricos realizados en zonas de dispersión (Campo de Montiel; Guil et al. 2011) se ha comprobado cómo hay mayores tasas de mortalidad en los tendidos que están corregidos con aislamiento que en aquellos que no se han corregido. Y es que la durabilidad de los materiales empleados (fundamentalmente cinta preformada OLIT-M de Raychem; Oria, com. pers.), cifrada hasta en 20 años, estaba probada para condiciones climáticas menos extremas que las de las áreas de aplicación. Además, en buena parte de las áreas de aplicación los 20 años de durabilidad previstos han transcurrido o están próximos a hacerlo.

Por lo tanto se ha hecho necesaria una supervisión de las correcciones efectuadas durante los años 90, para comprobar si se mantiene la eficacia de los resultados. No obstante es preciso señalar que la aplicación de medidas de corrección de tendidos eléctricos mediante aislamiento ha permitido una notable mejora de las poblaciones del águila imperial ibérica en algunas zonas, como el caso de Andalucía (López-López et al. 2011). En esta Comunidad Autónoma se han corregido, fundamentalmente mediante aislamiento. En el marco del Programa de Actuaciones para la Conservación del Águila imperial ibérica en Andalucía (en marcha desde 2001) se han corregido de esta forma más de 1.000 km de tendidos eléctricos. Esto obligará, si se quiere conocer en detalle la mortalidad de las grandes rapaces, a un programa de seguimiento de los tendidos eléctricos corregidos.

## ***Hacia la solución: la evaluación como herramienta para la mejora de la efectividad y la eficiencia***

La mejora constante de las técnicas aplicadas debe ser uno de los motores de la conservación y gestión del medio natural. Como ya se ha comprobado en otros trabajos, la gestión adaptativa es una premisa fundamental para lograr la conservación de la biodiversidad, a pesar de la complejidad que supone (Keith et al. 2011). En el caso de los tendidos eléctricos se han aprendido numerosas lecciones que han servido como base para el manejo adaptativo. Entre éstas encontramos la necesidad de efectuar correcciones estructurales si se quiere realizar correcciones eficaces a medio plazo (Tintó et al. 2010; Guil et al. 2011).

Pero no necesariamente todas las correcciones estructurales son igual de eficaces, especialmente en el medio plazo. Para lograr un aprendizaje constante y mejorar las técnicas implementadas se ha incluido una acción específica en el proyecto LIFE+, de evaluación de la efectividad de las actuaciones emprendidas. El objeto de la acción ha sido evaluar la efectividad de las correcciones de los tendidos eléctricos que permita conocer cómo afectan las correcciones efectuadas a las tasas de mortalidad encontradas (búsqueda de la eficacia) y qué factores son los que afectan a aquellas acciones que no consiguen eliminar la mortalidad.

Además, se efectuará un ligero análisis económico acerca de las inversiones que supone cada una de las distintas medidas, para poder conocer si la reducción de costes empleada en algunos sistemas compensa la posible pérdida de eficacia en aras de la eficiencia.

## **Objetivos**

El objetivo principal del presente documento es evaluar la efectividad de las correcciones de tendidos eléctricos efectuadas en el marco del Proyecto LIFE07/NAT/E/00742 "Conservación de especies prioritarias del monte mediterráneo en Castilla-La Mancha". Pero se entiende que es preciso realizar un trabajo previo y complementario, que permita conocer dicha mortalidad en un contexto más amplio, de forma que las conclusiones obtenidas tengan una mayor solidez. Por lo tanto y para lograr el objetivo general de esta acción, se van a desarrollar varios objetivos parciales, que son:

1. Contextualizar la mortalidad por electrocución en el mundo, a partir de una extensa revisión bibliográfica
2. Caracterizar la mortalidad por electrocución en España a partir de las recuperaciones de aves anilladas
3. Modelizar la mortalidad por electrocución en Castilla-La Mancha, a partir del seguimiento de tendidos efectuado en el marco de éste y otros trabajos complementarios
4. Analizar la idoneidad del seguimiento efectuado y de los resultados del seguimiento de tendidos efectuado en el marco del presente proyecto LIFE+

5. Analizar la efectividad y la eficiencia de las correcciones efectuadas en el marco del presente proyecto LIFE+, mediante comparación con tendidos control

Para llevar a cabo la totalidad de los objetivos citados y al objeto de lograr un mayor acercamiento a las especies objetivo del proyecto, en todo momento se han procurado realizar los análisis escalonados. Dado que el volumen de datos que se maneja resulta suficiente en la práctica totalidad de los casos, se van a llevar a cabo análisis por separado y cuando sea posible para el conjunto de las aves, las rapaces y las grandes águilas (genero *Aquila*, donde están incluidas tanto el águila imperial ibérica *Aquila adalberti* como el águila perdicera o de Bonelli, *A. fasciata*). Se hace esta distinción puesto que ambas son especies objetivo del proyecto y junto con el águila real forman un conjunto relativamente homogéneo y diferenciado del resto de rapaces en cuanto a comportamiento y uso de los recursos.



## La electrocución en el mundo



## La electrocución en el mundo

### Introducción

La electrocución es un fenómeno que se ha detectado en la práctica totalidad del mundo (Lehman et al. 2007). Pero como se ha comentado en el capítulo introductorio, su incidencia no es homogénea. Europa, donde los apoyos de la mayor parte de los países se encuentran derivados a tierra, presenta índices de electrocución muy superiores a los encontrados, por ejemplo, en América (Bevanger, 1999). Esto ha llevado a que la atención prestada en las diferentes regiones y países sea desigual, así como resultan diferentes la aproximación y las especies afectadas.

Ya se han mencionado con anterioridad los factores generales que afectan a la electrocución. Pero son también factores que actúan a gran escala los que inciden en una configuración y uso del medio que favorece la presencia de aves y por tanto mayores tasas de mortalidad. En el caso de las rapaces, se pueden considerar la abundancia de presas (Mañosa, 2001), que a su vez viene condicionada por la vegetación y ésta por el uso y la naturaleza del territorio (Guzmán y Castaño, 1998). Esto hace que haya grandes zonas que presentan mayores tasas de mortalidad que otras (Guil et al. 2011).

En España se le ha dedicado una notable atención a la interacción de tendidos eléctricos con las especies de aves desde que se descubrió como una causa de mortalidad de la endémica águila imperial ibérica (Garzón, 1977). Los estudios inmediatamente posteriores (1982-1990) se centraron en la electrocución del águila imperial ibérica el Parque Nacional de Doñana (Ferrer et al. 1991). Dado que con posterioridad se encontraron águilas imperiales electrocutadas en buena parte de la geografía española (González, 1991), los trabajos de seguimiento y caracterización de la mortalidad se extendieron. Pero además de por afectar al águila imperial ibérica se le ha prestado atención a esta causa de mortalidad por afectar a otras especies en peligro como el quebrantahuesos (Margalida et al. 2008) o al águila perdicera (Real et al. 2001).

El seguimiento de tendidos eléctricos comenzó en Castilla-La Mancha al poco de iniciarse en Doñana. En algunas comarcas los resultados fueron especialmente altos (Agrupación Naturalista Esparvel, 1993; López de Carrión, 1994; Guzmán y Castaño, 1998; Calvo, 1999; González et al. 2007). Buena parte de estas comarcas han coincidido con áreas de dispersión de grandes rapaces (Cadahía et al. 2005; Castaño, 2005; Cadahía et al. 2010; Martínez et al. 2010), lo que ha provocado elevadas tasas de mortalidad (González et al. 2007; Guil et al. 2011).

Estas elevadas tasas de electrocución han hecho que en la región castellano-manchega se inviertan importantes sumas de dinero para la mitigación del problema. Pero cabe preguntarse si es ésta un área prioritaria en un contexto más amplio que el español y si las cantidades a invertir deben tener como destino preferente Castilla-La Mancha, o bien por el contrario se deben acondicionar otras áreas.

El objetivo del presente capítulo conocer las tasas de mortalidad de aves por electrocución en el mundo. Dado que buena parte de las especies con mayor grado de amenaza que se ven afectadas por los tendidos son aves rapaces, se realizará un análisis específico para las mismas (tanto nocturnas como diurnas). Finalmente y puesto que las grandes águilas (las incluidas en el género *Aquila*) son las especies objetivo del proyecto, se hará un análisis específico para las mismas.

## Material y métodos

### Búsqueda bibliográfica

Se ha efectuado una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos (ISI Web of knowledge; Google Scholar; Global Raptor Information Network; On-Line Annotated Bibliography of Avian Interactions with Utility Structures of the PIER Program y Searchable Ornithological Research Archive), así como a partir de las referencias encontradas en los textos. Además, se han solicitado trabajos a diversos autores y entidades de reconocido prestigio.

### Manejo de datos

Se han seleccionado aquellas referencias que contengan datos que permitan obtener tasas de mortalidad. (Bevanger, 1999). De esta forma se puede corregir el número de aves encontradas por el esfuerzo realizado. Cuando se mencionan kilómetros recorridos pero no el número de apoyos se han considerado 10 apoyos por kilómetro (Janss y Ferrer, 1999). Las tasas de mortalidad consideradas han sido:

- N° de aves electrocutadas por cada 100 apoyos (en la tabla aparece como T1)
- N° de aves electrocutadas por cada 100 apoyos (en la tabla aparece como T2)
- N° de grandes águilas (especies del género *Aquila*) electrocutadas por cada 100 apoyos (en la tabla aparece como T3)

En caso de que en los distintos estudios se hayan revisado en varias ocasiones los diversos tendidos se ha considerado de forma preferente los datos de la primera revisión. Si del trabajo no se pueden obtener estos datos con claridad se ha considerado el conjunto de datos. No se han considerado aquellos trabajos en que no se refleja el esfuerzo realizado (p.ej. Agrupación Naturalista Esparvel, 1993; García y Coello, 2012). En el caso de que los trabajos no especifiquen si se realizan varias revisiones, se considera que sólo se efectúa una. Tampoco se han considerado referencias que se amplían posteriormente (p.ej. Cepeda et al. 1990; Tintó et al. 2002; Moreno-Opo et al. 2007). En aquellas referencias que consideran de forma conjunta tendidos de distribución y transporte (p.ej. Infante et al. 2005; Bevanger, 2011), sólo se han considerado los tendidos de distribución.

### Análisis efectuado

Se han efectuado análisis estadísticos sencillos (valores promedios sin ponderar por el número de apoyos revisados), que han permitido efectuar análisis comparativos entre las medias de cada uno de los valores, así como las desviaciones típicas en algunos casos. Dada su claridad a la hora de comparar valores, se han preparado diagramas de barras de los distintos valores.

## Resultados

### Trabajos encontrados

Los 105 resultados de los 60 trabajos encontrados son los siguientes:

Zona	País	Región	T1	T2	T3	Referencia
Africa	South Africa	Overberg	0,58	0,00	0,00	Shaw, J.M.; Jenkins, A.R.; Ryan, P.G.; Smallie, J.J. 2010. A preliminary survey of avian mortality on power lines in the Overberg, South Africa. <i>Ostrich</i> 81(2): 109-113
Africa	Sudan	Port Sudan	5,48	5,48	0,00	Angelov, I.; Hashim, I.; Opper, S. 2013. Persistent electrocution mortality of Egyptian Vultures <i>Neophron percnopterus</i> over 28 years in East Africa. <i>Bird Conservation International</i> 23:1-6
America	Canada	Alberta		2,37	0,26	Platt, M.C. 2005. Patterns of raptor electrocution mortality on distribution power lines in southeast Alberta. MsC Thesis. University of Alberta
America	Chile	Santiago de Chile	13,91	13,91	0,00	Alvarado, S.; Roa, M. 2010. Electrocuición de Águilas Moras <i>Geranoaetus melanoleucus</i> por Tendido Eléctrico en Calera de Tango, Chile. Spizaetus,

						9: 12-15
America	Mexico	Chihuahua	2,61	1,67	0,56	Cartron, J.-L.; Garber, G.L.; Finley, C.; Rustay, C.; Kellermueller, R.; Day, M.P.; Manzano-Fischer, P.; Stoleson, S.H. 2000. Power pole casualties among raptors and ravens in northwestern Chihuahua, Mexico. <i>Western Birds</i> 31:255-257,
America	Mexico	Chihuahua	2,70	0,79	0,09	Cartron, J.-L.; Harness, R.E.; Rogers, R.G.; Manzano-Fischer, P. 2005. Impact of concrete power poles on raptors and ravens in Northwestern Chihuahua, Mexico. Pp. 357-369. In Cartron, J.-L., Ceballos, G. and Felger, R.E. <i>Biodiversity, Ecosystems, and Conservation</i>
America	USA	California	3,02	1,67	0,02	BioResource Consultants. 2008. Identifying electric distribution poles for priority retrofitting to reduce bird mortality. California Energy Commission, PIER-Energy-Related Environmental Research Program, Sacramento
America	USA	Arizona	4,05	3,77	0,00	Dwyer, J.F., Mannan, R.W. 2007. Preventing raptor electrocutions in an urban environment. <i>Journal of Raptor Research</i> , 41(4):259-267
America	USA	Montana	0,15	0,15	0,10	Lehman, R.N.; Savidge, J.A.; Kennedy, P.L.; Harness, R.E. 2010. Raptor electrocution rates for a utility in the intermountain Western United States. <i>Journal of Wildlife Management</i> 74(3):459-470
Asia	Kazakhstan	Betpack-Dala	12,11	12,11	1,13	Karyakin I.V.; Barabashin T.O. 2005. Dark holes in the Raptor Populations (Electrocutions of Birds of Prey on Power Lines in the Western Betpak-Dala), Kazakhstan. <i>Raptors Conservation</i> 4: 29-32
Asia	Kazakhstan	Central Kazakhstan	15,15	6,63	0,15	Lasch, U.; Zerbe, S.; Lenk, M. 2010. Electrocution of raptors at power lines in Central Kazakhstan. <i>Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz</i> 9: 95-100
Asia	India	Western Rajasthan	27,99	2,84	0,41	Harness, R.E.; Rao Juvvadi, P. 2012. Bird Electrocutions in Western Rajasthan, India. V North American Ornithological Conference Abstract Book. Vancouver, 2012.
Asia	Mongolia	Central Mongolia	1,22	0,71	0,06	Amartuvshin, P.; Gombobaatar, S. 2012. The assessment of high risk utility lines and conservation of globally threatened pole-nesting steppe raptors in Mongolia. <i>Ornis Mongolica</i> 1: 2-12
Asia	Mongolia	Suhbaatar		7,32	0,89	Dixon, A. 2011. The problem of raptor electrocution at electricity distribution lines. <i>Falco</i> , 37: 10-13
Asia	Mongolia		12,90	7,97	1,14	Harness, R.E.; Gombobaatar, S. 2008. Raptor electrocutions in the Mongolia steppe. <i>Winging it</i> , 20(6): 1-6
Asia	Rusia	Altai	33,64	9,81	0,00	Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Yazhov S.V., Bekmansurov, R.H. 2009. Raptor electrocution in the Altai Region: Results of Surveys in 2009, Russia. <i>Raptors Conservation</i> 16: 45-64
Europa	Bulgaria	Sakar	0,46	0,11	0,00	Gerdzhikov, G.P.; Demerdzhiev, D.A. 2009. Data on Bird Mortality in "Sakar" IBA (BG021), Caused by Hazardous Power Lines. <i>Ecologia Balkanica</i> 1: 67-77
Europa	Bulgaria		1,43	0,33	0,00	Demerdzhiev, D.A., Stoychev, S.A., Petrov, Z., Angelov, I.D., Nedyalov, N.P. 2009. Impact of power lines on bird mortality in Southern Bulgaria. <i>Acta Zoologica Bulgarica</i> 61 (2): 177-185
Europa	France	Bouches-du-Rhône	0,55	0,17	0,00	Kabouche, B.; Bayeul, J.; Zimmerman, L.; Bayle, P. 2006. Mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien. Enjeux et perspectives en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. <i>Rapport DIREN PACA - LPO PACA, Hyères</i>
Europa	France	Rochefort	116,36	116,36	0,00	Bayle, P. 1993. Preventing birds of prey problems at transmission lines in western Europe. <i>Journal of Raptor Research</i> 33 (1) :43-48
Europa	Hungary	-	13,49	-	-	Kovacs, A.; Demeter, I.; Fatér, I.; Bagyura, J.; Nagy, K.; Szitta, T.; Firmánszky, G.; Horváth, M. 2008. Current Efforts to Monitor and Conserve the Eastern Imperial Eagle <i>Aquila heliaca</i> in Hungary. <i>AMBIO: A Journal of the Human Environment</i> 37(6):457-459.
Europa	Hungary	-	10,95	4,12	-	Horváth, M., Demeter, I., Bagyura, J., Kovács, A., Lovászi, P., Nagy, K., Szügyi, K., Tóth, P. 2010.: Madarak és légvetetékek. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest. 44 pp.
Europa	Hungary	-	6,58	1,55	0,00	Peter, T. 2007. Bird mortality caused by medium voltage power lines in the Plains of Heves (In Hungarian). <i>Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar</i>
Europa	Italia	-	30,48			
Europa	Italia	-	1,63			
Europa	Italia	-	0,42			
Europa	Italia	-	205,00			Rubolini D., Gustin M., Bogliani G., Garavaglia R., 2005. Birds and powerlines in Italy: an assessment. <i>Bird Conservation International</i> , 15: 131-145
Europa	Italia	-	1,96			
Europa	Italia	-	2,15	1,40	0,00	Penteriani, V. 1998. L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. <i>WWF Toscana</i> ,
Europa	Norway	Smøla	18,93	1,60	1,47	Bevanger, K. 2011. Power lines and birds. A summary of general and grid-specific issues. <i>NINA Report</i> 674. 60 pp.
Europa	Poland	Warsaw	191,58	0,00	0,00	Kaluga, I.; Sparks, T.H.; Tryjanowski, P. 2011. Reducing death by electrocution of the white stork <i>Ciconia ciconia</i> . <i>Conservation Letters</i>
Europa	Portugal	Litoral Centro	11,19	6,34	0,00	
Europa	Portugal	Litoral Centro	4,84	1,61	0,00	
Europa	Portugal	Litoral Centro	1,57	0,39	0,00	
Europa	Portugal	Litoral Centro	2,97	0,99	0,00	
Europa	Portugal	Litoral Centro	5,81	4,23	0,00	Infante, S., Neves, J., Ministro, J. & Brandão, R. 2005. Estudo sobre o Impacto das Linhas Eléctricas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal. <i>Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza e SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves</i>

Europa	Portugal	Litoral Centro	19,74	0,00	0,00	
Europa	Portugal	Norte	4,89	3,44	0,36	
Europa	Portugal	Norte	3,20	1,60	0,00	
Europa	Portugal	Norte	5,81	4,65	0,00	
Europa	Portugal	Norte	3,33	2,86	0,00	
Europa	Portugal	Norte	0,48	0,00	0,00	
Europa	Portugal	Norte	4,69	3,13	0,00	
Europa	Portugal	Norte	0,00	0,00	0,00	
Europa	Portugal	Norte	2,01	1,34	0,67	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	9,47	8,42	0,00	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	2,36	0,00	0,00	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	5,17	1,72	0,00	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	6,45	6,45	0,00	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	10,42	8,33	0,00	
Europa	Portugal	Raia Alentejana	13,91	13,91	1,31	
Europa	Portugal	Vale do Sado	43,10	43,10	0,42	
Europa	Portugal	Vale do Sado	9,33	8,81	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	2,86	1,43	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	27,50	12,50	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	1,69	1,69	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	0,00	0,00	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	4,35	4,35	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	12,86	12,86	0,00	
Europa	Portugal	Vale do Sado	22,83	21,65	0,00	
Europa	Portugal	Azores	7,76	4,42	0,00	Sampaio, H. 2009. Relatório Final do Projecto de Avaliação da interacção entre a Avifauna e a Rede de Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica dos Açores. SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa
Europa	Spain	Andalucía	10,37	6,17	0,40	Janss, G.F.E., Ferrer, M. 2001. Avian electrocution mortality in relation to pole design and adjacent habitat in Spain. Bird Conservation International (2001) 11:3-12
Europa	Spain	Navarra	11,80	6,85	0,00	Asociación Landazuria-CODA. 1994. Tendidos eléctricos en Navarra: afecciones sobre la avifauna. Pp. 36-46. En CODA (Ed.). El impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna. CODA, Madrid
Europa	Spain	Andalucía	-	5,94	1,63	Bautista, J.; Calvo, R.; Otero, M.; Martín, J.; Gil, J.M. 1999. Águilas perdiceras mueren en los tendidos del suroeste de Granada mientras se dispersan. Quercus, 165: 49
Europa	Spain	Castilla-La Mancha	39,88	37,69	5,65	Calvo, J.A. 1999. En seis años murieron más de 800 rapaces electrocutadas en Toledo. Quercus, 157: 54-55
Europa	Spain	Madrid	133,33	46,67	0,00	Castillejos, E. 1999. No cesa la electrocución de aves en el Parque Regional del Sureste. Quercus, 165:50
Europa	Spain	Andalucía	11,00	0,34	-	Cepeda, J.M.; Migens, E.; Ferrer, M. 1990. Reducción de la mortalidad por electrocución del Aguila Imperial Iberica. Agencia de Medio Ambiente - Compañía Sevillana de Electricidad. Sevilla, Sevilla. In Ferrer, M. y Negro, J.J. 1992. Tendidos eléctricos y conservación de aves en España. Ardeola 39(2): 23-27
Europa	Spain	Murcia	0,97	0,65	0,00	
Europa	Spain	Murcia	0,14	0,14	0,00	
Europa	Spain	Murcia	0,60	0,40	0,00	
Europa	Spain	Murcia	5,89	4,05	0,00	
Europa	Spain	Murcia	1,09	1,09	0,00	
Europa	Spain	Murcia	10,19	6,79	0,00	
Europa	Spain	Murcia	0,70	0,70	0,00	
Europa	Spain	Murcia	0,00	0,00	0,00	
Europa	Spain	Castilla y León	2,89	0,44	0,00	Cuadrado, M., Díez, F., López, V., Peris, S. 1996. Aves y tendidos eléctricos en el área de Madrigal-Peñaranda, centro-oeste de España. En Fernández y Sanz-Zuasti (Eds.): Conservación de las aves esteparias y su hábitat: 63-67. Junta de Castilla y León, V
Europa	Spain	Castilla y León	4,05	1,84	0,00	
Europa	Spain	Navarra	11,23	7,40	0,36	Fernández, C., Azkona, P. 2002. Tendidos eléctricos y medio ambiente en Navarra. Gobierno de Navarra, Pamplona
Europa	Spain	Castilla y León	16,16	4,78	0,00	Fernández, J.M. 1988. Relationship between mortality in electric power lines and avian abundance in a locality of León (NW of Spain). Ardeola 45: 63-67
Europa	Spain	Andalucía		8,07	0,18	Ferrer, M.; de la Riva, J.; Castroviejo, J. 1991. Electrocution of raptors on power lines in Southwestern Spain. Journal of Field Ornithology, 62(2): 181-190
Europa	Spain	Andalucía	10,62	5,25	0,39	Garrido, J.R. 2003. Plan de actuación para la aplicación de medidas correctoras en tendidos eléctricos de baja y media tensión para la avifauna. Huelva. Tragsa
Europa	Spain	Madrid	1,29	0,00	0,00	Garrido, R., Fernández-Cruz, M. 2003. Efectos de los tendidos eléctricos sobre una población de Cigüeña Blanca Ciconia ciconia en la España central. Ardeola 50(2): 191-200
Europa	Spain	Castilla-La Mancha	16,94	16,82	3,31	Guzmán, J.; Castaño, J.P. 1998. Electrocución de rapaces en líneas eléctricas de distribución en Sierra Morena Oriental y Campo de Montiel.

						Ardeola, 45(2): 161-169
Europa	Spain	Valencia	71,54	45,77		Izquierdo, A.; Martín, C.; Rico, L. 1997. Factores técnicos y ambientales implicados en la electrocución de aves en los tendidos eléctricos. Informes de la construcción, 49(451): 49-56
Europa	Spain	Castilla-La Mancha	48,39	44,75	10,71	López de Carrión, M. 1994. La electrocución de rapaces en la provincia de Toledo: resultados y conclusiones. Pp. 23-35. En CODA (Ed.). El impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna. CODA, Madrid
Europa	Spain	Canarias	1,92	1,20	0,00	Lorenzo, J.A. 1995. Estudio preliminar sobre la mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Fuerteventura (Islas Canarias). Ecología, 9: 403-407
Europa	Spain	Canarias	0,76	0,17	0,00	Lorenzo, J.A.; Ginovés, J. 2007. Mortalidad de aves en los tendidos eléctricos de los ambientes esteparios de Lanzarote y Fuerteventura, con especial referencia a la avutarda hubara. SEO/BirdLife. La Laguna, Tenerife
Europa	Spain	Canarias	0,35	0,00	0,00	Lorenzo, J.A.; Linares, J.; Abreu, J.N. 1997. Mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Lanzarote, Islas Canarias. Vieraea, 26: 1-10
Europa	Spain	Cataluña	19,90	12,69	2,49	Mañosa, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. Biodiversity and Conservation 10:1997-2012
Europa	Spain	Andalucía		0,80	0,27	Monleon, M.; Bautista, J.; Garrido, J.R.; Martín-Jaramillo, J.; Ávila, E.; Madero, A. 2007. La corrección de tendidos eléctricos en áreas de dispersión de águila-azor perdicera: efectos potenciales positivos sobre la comunidad de aves rapaces. Ardeola, 54
Europa	Spain	Andalucía		2,56	0,35	
Europa	Spain	Madrid	77,50	75,94	3,75	Múgica, A. 1989. Aves electrocutadas en la Comunidad de Madrid. Quercus, 39: 29
Europa	Spain	Andalucía	2,72	1,40		Negro, J.J.; Ferrer, M.; Santos, C.; Regidor, S. 1987. Eficacia de dos métodos para prevenir electrocuciones de aves en líneas eléctricas de distribución. Ardeola, 36: 201-206
Europa	Spain	Extremadura	60,71	3,57	0,00	
Europa	Spain	Aragón	9,33	6,06	0,33	Pelayo, E., Sampietro, F.J. 2005. Incidencia de los tendidos eléctricos sobre aves sensibles en Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón
Europa	Spain	Aragón	3,76	2,82	1,57	
Europa	Spain	Madrid	1,02	0,20	0,00	Roviralta, F. 2008. Mortalidad de aves en tendidos eléctricos en un área de la Sierra de Guadarrama (Madrid). Anuario Ornitológico de Madrid 2007-2008: 116-121. SEO-Monticola, Madrid
Europa	Spain	Castilla-La Mancha	7,11	5,94	1,34	Ruiz, R.; Martín, J.L. 1997. Impacto de los tendidos eléctricos sobre la avifauna en Castilla-La Mancha. Determinación de un índice de valoración de la peligrosidad de tendidos eléctricos para aves rapaces. II Congreso Forestal. Actas, tomo 2: 431-436
Europa	Spain	Cataluña	3,35	2,31	0,24	Tinto, A., Real, J., Mañosa, S. 2002. Avaluació del risc d'electrocució d'aus en línies elèctriques situades a Sant Llorenç del Munt i rodalies. V Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Monografies 35: 129-133 Diputació de Barcelona, Barc
Europa	Spain	Cataluña	3,64	1,65	0,10	Tinto, A., Real, J., Mañosa, S. 2010. Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. Journal of Wildlife Management, 74(8): 1852-1862
Europa	Spain	La Rioja	29,57	18,29	0,30	VV.AA. 2007. Vuelos de alto riesgo. Páginas de información ambiental, 16: 14-19
Europa	Spain	Extremadura	24,48	20,83	0,00	Zalba, F.J. 2009. Acciones para la conservación de fauna amenazada. Inedit report. Junta de Extremadura, Mérida
Europa	Spain	Extremadura	9,39	8,08	0,87	Zalba, F.J. 2009. Catalogación de las líneas eléctricas peligrosas para las aves del P.Nat. Tajo Internacional y del P.Nac. Monfragüe. Inedit report. Junta de Extremadura, Mérida
Europa	Spain	Castilla-La Mancha	-	15,10	2,51	Guil, F., Fernández-Olalla, M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., García, M.E., Aranda, A., Arredondo, A., Guzmán, J., Oria, J., Margalida, A., González, L.M. 2011. Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize application of mitigation measures. PLoS ONE 6(11): e28212

En gris se señalan los 2 trabajos que se han ampliado con posterioridad. No se han incluido algunas referencias (p.ej. Moreno-Opo et al. 2007) dado que directamente los datos se consideran incluidos en otros (Guil et al. 2011, en el caso del ejemplo).

### Trabajos por zonas y países

Se han localizado un total de 60 trabajos diferentes, fundamentalmente europeos. Los trabajos americanos son casi en su totalidad norteamericanos (de Canadá, México y USA), salvo un trabajo chileno (Alvarado y Roa, 2010). Por su parte, los trabajos asiáticos se corresponden con Asia Central (Kazakhstan, Mongolia y Rusia) y un trabajo en India (Harness y Rao Juvvadi, 2012). Finalmente, la mayor abundancia de trabajos se da en Europa y concretamente en España, de donde proceden 32 de los 44 estudios encontrados. En el caso de Portugal es preciso destacar el trabajo de Infante et al. (2005), una completa revisión de la afección de los

tendidos eléctricos en la red de áreas protegidas portuguesa. Para el presente trabajo sólo se emplearán los datos de Portugal continental (n=29). Esto hace que Portugal sea el segundo país, tras España, en número de datos.

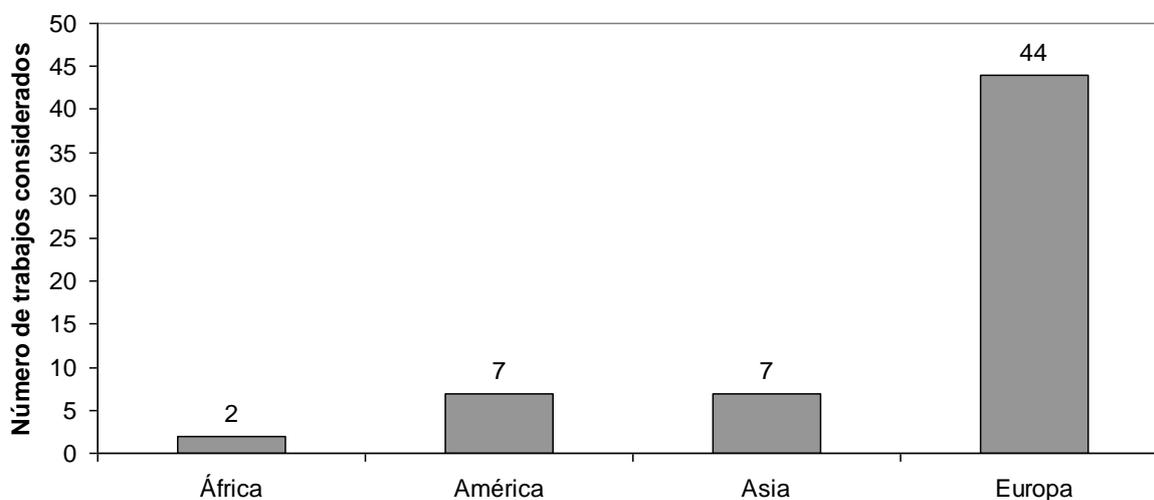


Figura 2.1: número de trabajos encontrados para el presente análisis

En total, los citados trabajos han permitido encontrar 105 datos de electrocución de aves, de los que se considerarán válidos un total de 101. En este caso, puesto que para cada uno de los trabajos de África, América o Asia sólo se obtiene un dato, el mayor incremento se produce en Europa, con un total de 85 datos.

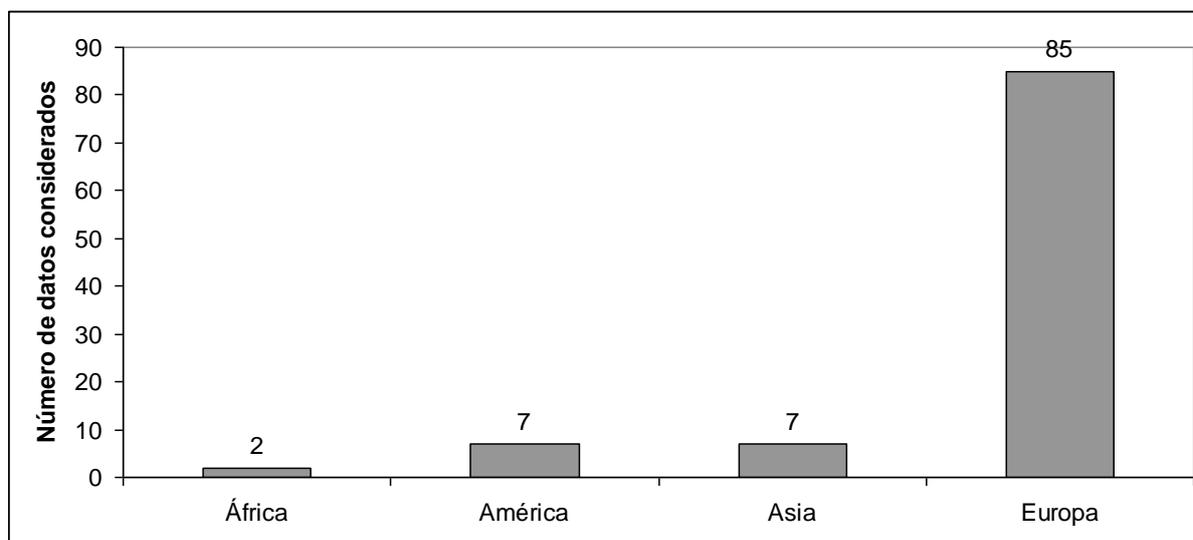


Figura 2.2: número de datos considerados para el presente análisis

Tal y como se ha mencionado con anterioridad, la mayor parte de los datos tienen un origen ibérico (n=72; lo que representa un 72,27%).

### Tasas de electrocución para aves en general (T1)

La tasa de electrocución por regiones es muy superior en aquellas donde predominan los tendidos derivados a tierra (Asia y Europa) frente a aquellas donde los apoyos empleados no lo están. De esta forma encontramos cómo las tasas de Asia y Europa cuadruplican las encontradas en África y América. Las tasas encontradas en Europa resultan ligeramente superiores a las encontradas en Asia.

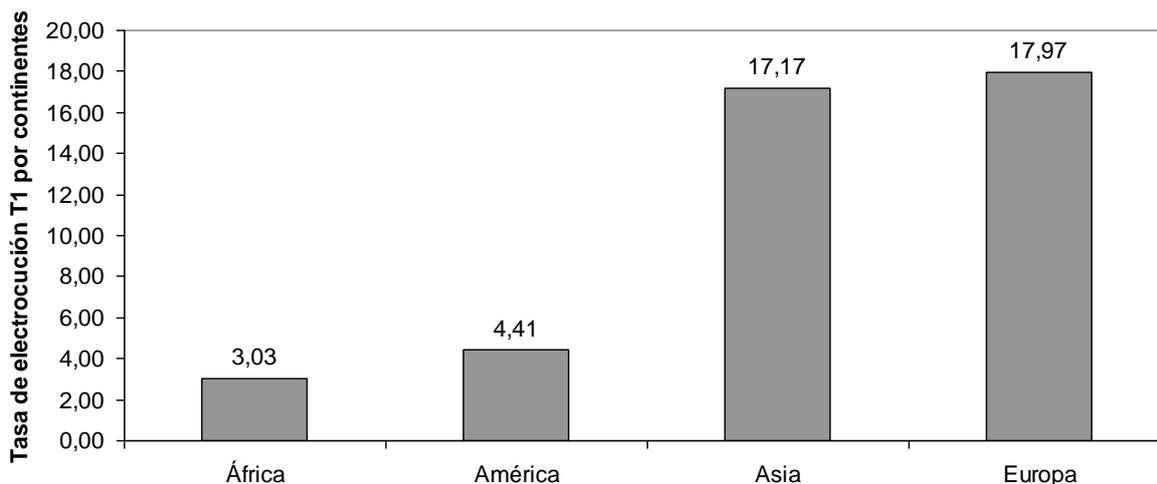


Figura 2.3: tasa de electrocución de aves por cada 100 apoyos revisados por continente

Una vez que se efectúan los análisis por países (se incluye el número de datos obtenidos por país) obtenemos la siguiente gráfica:

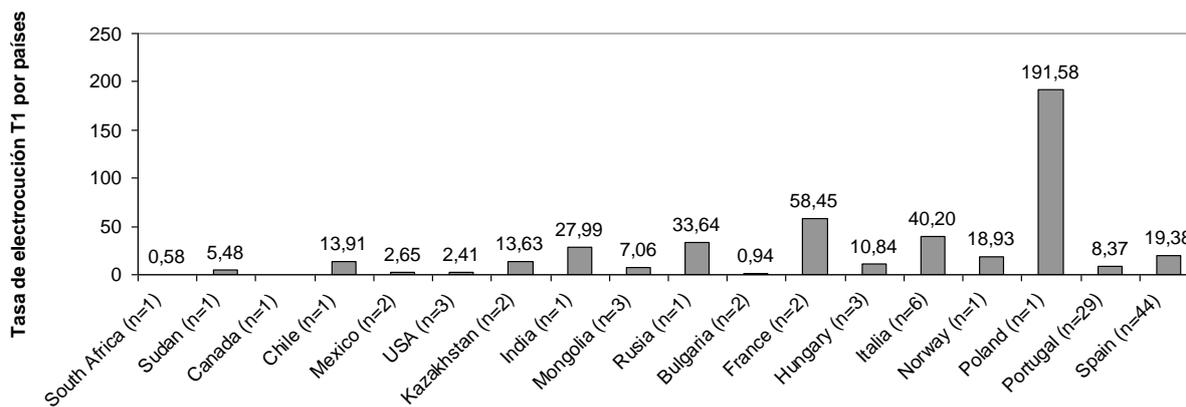


Figura 2.4: tasa de electrocución de aves por cada 100 apoyos revisados por países

Se puede observar cómo España no es de los países con mayor tasa de electrocución, incluso considerando sólo aquellos con varios datos de electrocución. Al realizar este mismo análisis para las regiones de España y Portugal (los únicos países con datos suficientes para permitir este análisis), comprobamos que los mayores índices se dan en la Comunidad Valenciana, seguida de Madrid y Extremadura.

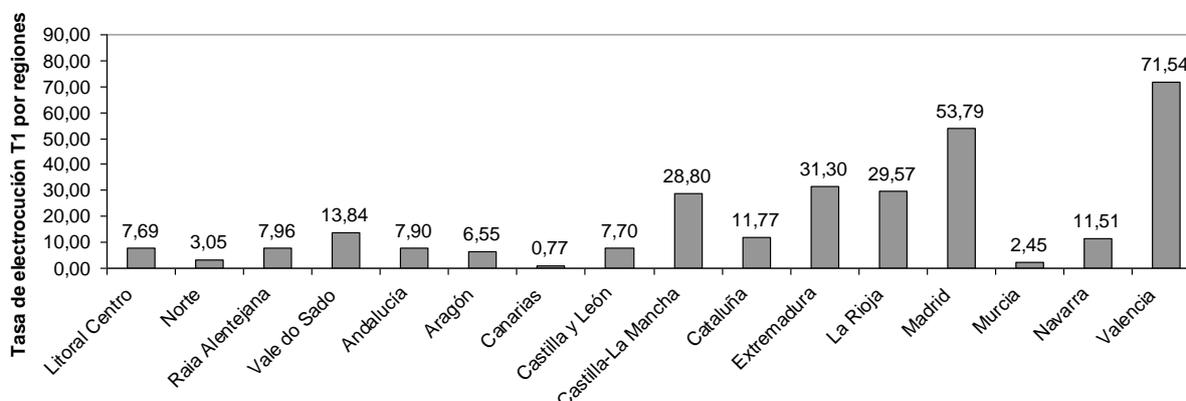


Figura 2.5: tasa de electrocución de aves por cada 100 apoyos revisados por países

## Tasas de electrocución para aves rapaces (T2)

En el caso de las rapaces, encontramos cómo las tasas de mortalidad de Asia y Europa siguen siendo superiores a las encontradas en África y América. Pero a diferencia de la tasa de mortalidad de aves en general, ahora son del doble frente a las encontradas en África y Asia.

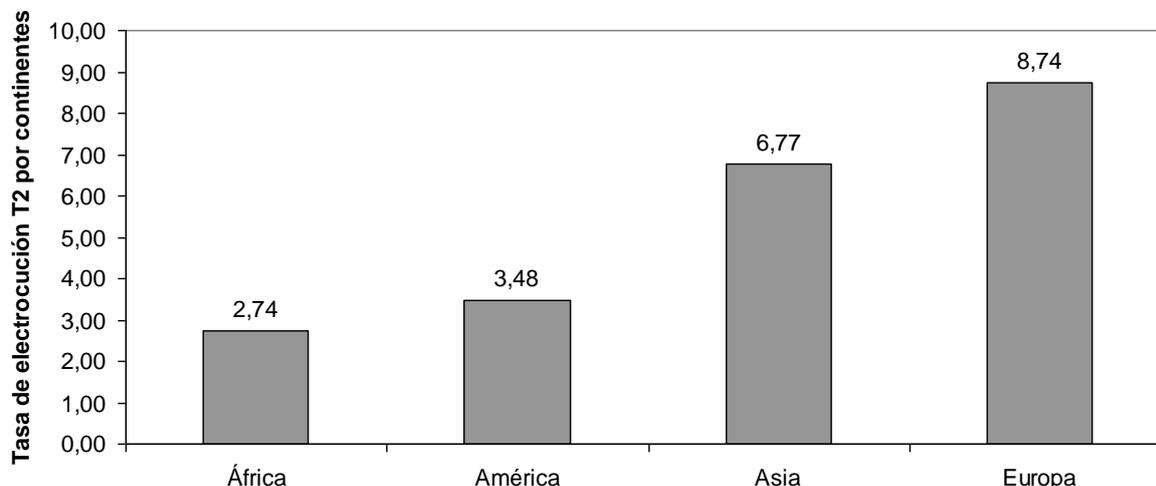


Figura 2.6: tasa de electrocución de rapaces por cada 100 apoyos revisados por continente

De entre los países analizados destaca Francia, donde uno de los dos trabajos encontrados (Bayle, 1993) presenta tasas muy elevadas, mientras que para el otro son muy reducidas (Kabouche et al. 2006). Al margen de la excepción francesa y de Chile (Alvarado y Roa, 2010), hay un grupo de 3 países relativamente homogéneo.

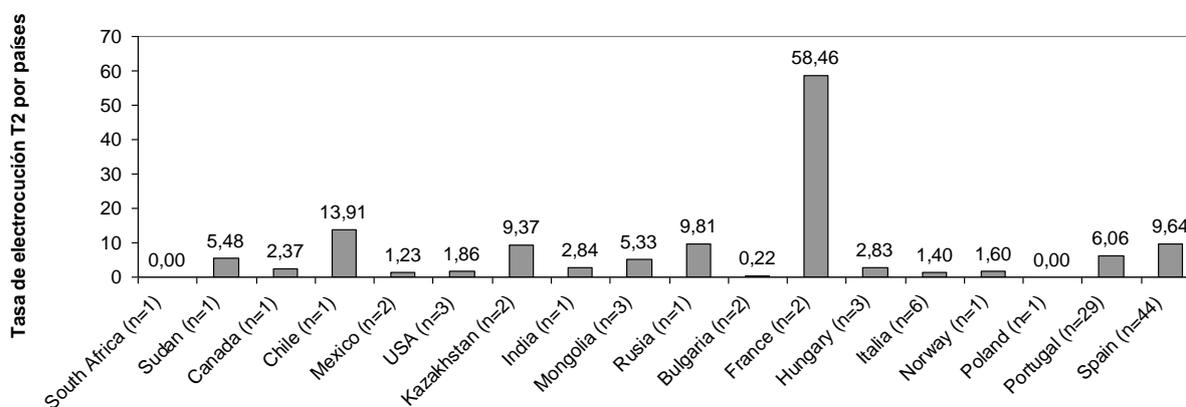


Figura 2.7: tasa de electrocución de rapaces por cada 100 apoyos revisados por países

Al analizar por regiones, encontramos que Castilla-La Mancha poseería la tercera mayor tasa.

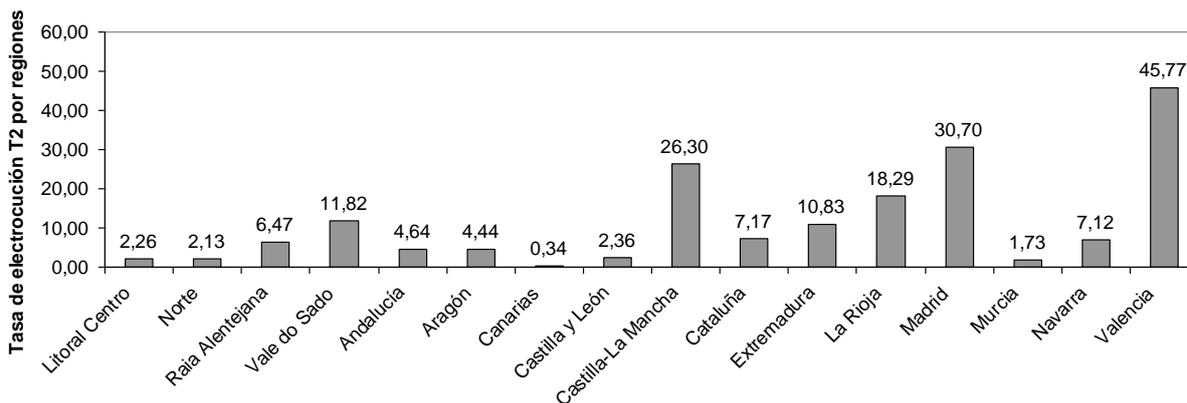


Figura 2.8: tasa de electrocución de rapaces por cada 100 apoyos revisados por regiones

### Tasas de electrocución para las grandes águilas (T3)

Las tasas de electrocución de las grandes águilas son mucho más reducidas que las de las rapaces en general. En este caso tanto en América como en África son muy reducidas y la diferencia con Asia y Europa es de aproximadamente 3 veces.

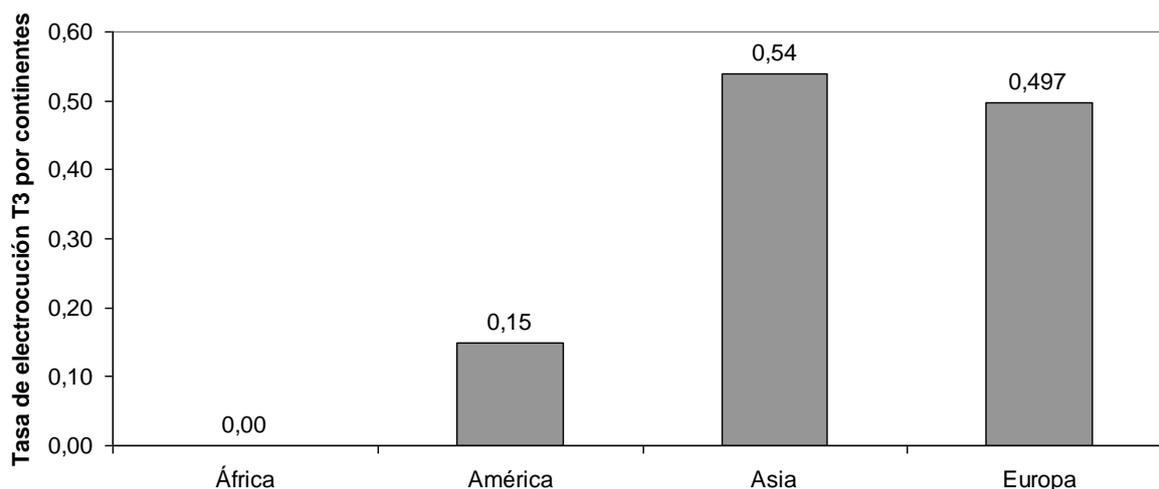


Figura 2.9: tasa de electrocución de grandes águilas por cada 100 apoyos revisados por continente

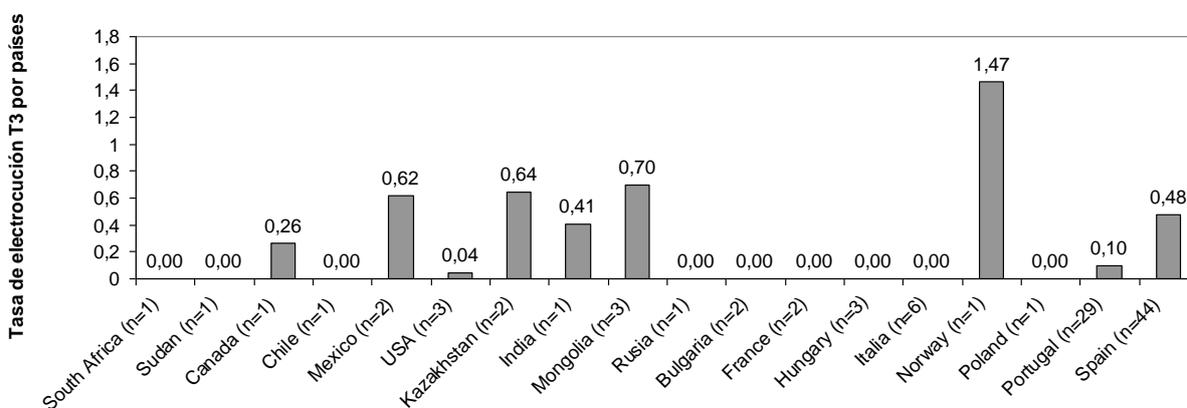


Figura 2.10: tasa de electrocución de grandes águilas por cada 100 apoyos revisados por países

España no es el país con mayores tasas de electrocución de grandes águilas, pero cuando se analiza por regiones sí destaca la tasa de electrocución de las mismas en Castilla-La Mancha, muy superior al resto.

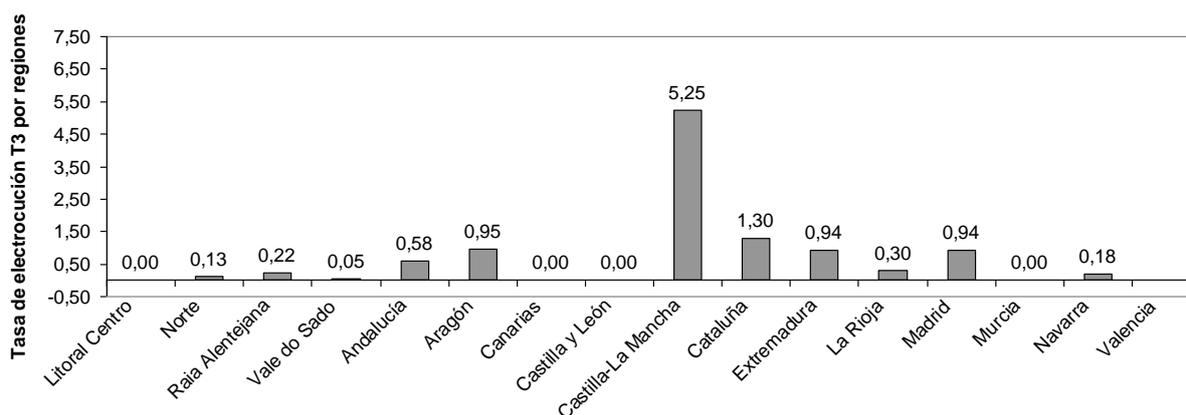


Figura 2.11: tasa de electrocución de grandes águilas por cada 100 apoyos revisados por regiones

## Discusión

### Bibliografía encontrada

La mayor cantidad de trabajos encontrados se da en Europa. Esto puede deberse a varios factores, todos ellos complementarios. En primer lugar, a que se produzca una mayor incidencia de la electrocución en Europa por el empleo de apoyos derivados a tierra (Bevanger, 1999), lo que ha conllevado una mayor preocupación social. Por otra parte, a su condición de territorio desarrollado y densamente poblado, lo que ha conllevado el desarrollo de una red eléctrica muy extensa (Janss y Ferrer, 1999). Finalmente, puede deberse a la condición de los autores del trabajo, que conlleva una mayor facilidad para encontrar trabajos españoles.

Llama la atención la escasez de trabajos sobre la incidencia de la electrocución en América del Sur, en Asia y en África. Resulta especialmente llamativo el caso de América del Sur, puesto que se dispone de trabajos pioneros en colisión (McNeil et al. 1985). Algo semejante sucede con Oceanía, donde se dispone de trabajos sobre la afección de la colisión en Australia (Winning y Murray, 1997), pero no se han encontrado trabajos acerca de los efectos de la electrocución. En el caso africano, a pesar de que en muchos lugares la red es comparativamente escasa, sí se han elaborado estudios (Smallie y Virani, 2010), pero pocos aportan tasas de electrocución con líneas de distribución (ver por ejemplo Brown y Lawson, 1989). El caso asiático es semejante, a pesar de que las interacciones con tendidos eléctricos se muestran como un problema (Sundar y Choudhury, 2005; Tere y Parasharya, 2011).

En el caso de Europa, han aparecido pocos trabajos sobre la electrocución en los países más orientales, salvo en aquellas zonas donde está presente el águila imperial oriental (*Aquila heliaca*; ver por ejemplo Kovacs et al. 2008 o Gerdzhikov y Demerdzhiev, 2009). Llama la atención la escasez de publicaciones al respecto de los impactos de la electrocución en áreas con gran tradición de respeto hacia las aves, como el Reino Unido, donde se encuentran por el contrario trabajos sobre la colisión, aunque no son recientes (Scott et al. 1972). Esto puede deberse a que haya una escasa incidencia al poseer su red de distribución ciertas peculiaridades frente a la continental (dominancia de tendidos bifásicos), incluso estando los apoyos derivados a tierra (ver figura 2.12). Otros lugares con tradicional presencia británica como Grecia tampoco poseen apenas trabajos acerca de las interacciones con los tendidos (Crivelli et al. 1988).

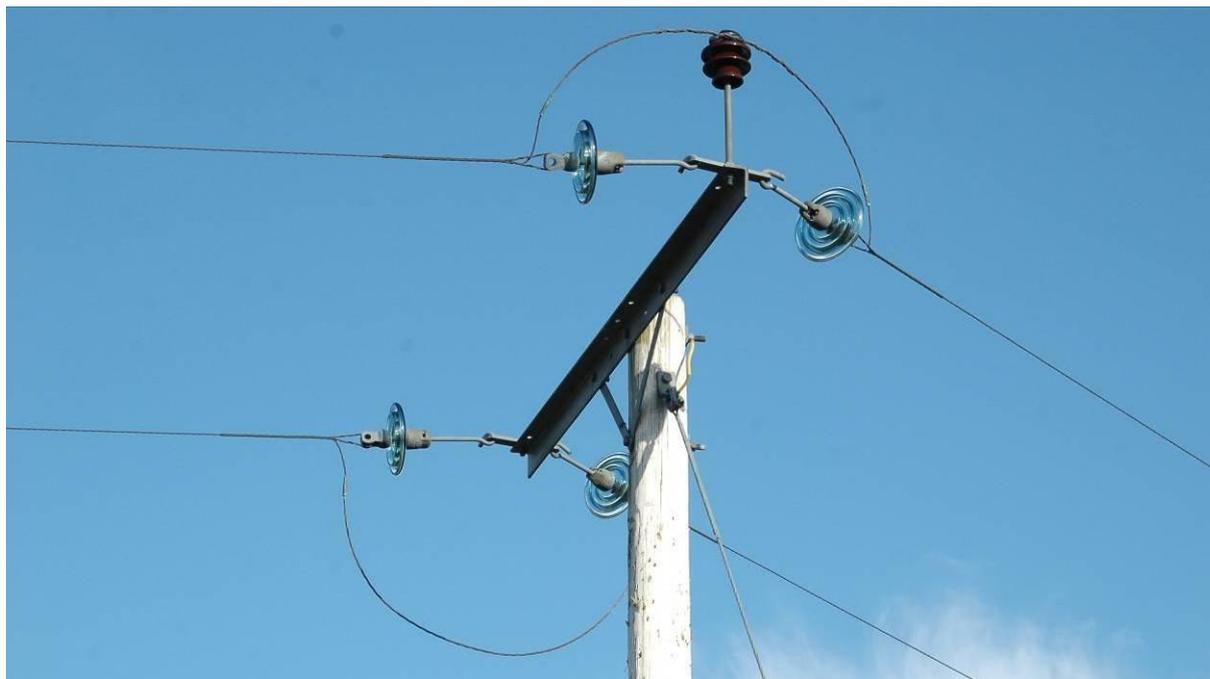


Figura 2.12: apoyo de tendido eléctrico bifásico en el Reino Unido. Obsérvese que se encuentra derivado a tierra a través del tensor

Para otros muchos países de Europa apenas hay estudios y además de éstos que no se puede obtener tasas de mortalidad. Es el caso de muchos de los países del Este europeo, donde se han desarrollado interesantes trabajos acerca de la mortalidad de aves y tendidos (p.ej. Mihelic y Denan, 2011 en Eslovenia) y donde en la actualidad se desarrollan proyectos destinados a minimizar la electrocución en aves amenazadas, como el águila imperial oriental (p. ej. <http://www.saveraptors.org/> o <http://www.imperialeagle.hu/>). Pero estos proyectos apenas generan publicaciones, informes o documentos disponibles en Internet que permitan acceder a información acerca de tasas de mortalidad.

Algo semejante ocurre con la bibliografía norteamericana. A pesar de ser uno de los países donde más se ha trabajado del mundo (APLIC, 2006), apenas se encuentran publicaciones que permitan estimar tasas de electrocución. Este hecho ya fue observado por Olendorff et al. (1981), quien reclamaba más detalle en el apartado de metodología para poder determinar estas tasas (ver p.ej. Mojica et al. 2009). Este misma circunstancia se ha mantenido posteriormente (Lehmann et al. 2007).

Un factor que puede haber influido decisivamente en la conformación de la bibliografía encontrada es la nacionalidad del autor del trabajo y su mayor acceso a trabajos de su propio país. En cualquier caso, buena parte de los trabajos encontrados han sido encontrados a través de Internet.

## Tasas de mortalidad

Puede ser que España no posea las mayores tasas de mortalidad de aves, dado que algunos países muestran tasas extraordinariamente altas, como el caso de Francia o de Polonia. En este caso el estudio de Bayle (1993) no define claramente la metodología empleada, por lo que puede haber repeticiones y una tasa muy inferior de electrocuciones, como resulta del otro estudio analizado (Kabouche et al. 2006). En el caso de Polonia (Kalouga et al. 2011) el estudio muestra igualmente tasas muy elevadas de electrocución, pero únicamente en el caso de las aves en general, mientras que no ocurre igual con las rapaces. A diferencia del anterior, en este no hay errores de interpretación, ya que la metodología está claramente definida.

En el caso de las tasas de electrocución de rapaces, la de Francia se mantiene, puesto que los datos del trabajo mencionado hacen referencia únicamente a rapaces. Por su parte, es especialmente notable en diversas regiones españolas, siendo especialmente elevado el de la Comunidad Valenciana (Izquierdo et al. 1997). En esta zona se han corregido numerosos tendidos, aunque se siguen produciendo electrocuciones, pero con tasas

algo inferiores (Pérez-García et al. 2010). La siguiente región con mayor tasa de mortalidad de rapaces era Madrid, donde en la actualidad ha descendido bastante (Roviralta, 2008; datos propios sin publicar), entre otros factores por los trabajos de corrección efectuados dentro del Plan Coordinado de Actuaciones (MMA, 2001) y posteriormente. A pesar de esto, se sigue produciendo mortalidad (Iglesias et al. 2012).

En Castilla-La Mancha no se han encontrado las tasas más elevadas de electrocución de aves o de rapaces en general, pero sí las de grandes águilas. En ninguna otra parte del mundo se han encontrado tasas de electrocución de grandes águilas tan elevadas, siendo muy superiores a las descritas en el resto de referencias. Al menos, triplican a la siguiente región con mayor tasa, Noruega (Bevanger, 2011). Esto hace de Castilla-La Mancha un área fundamental para la conservación de las grandes águilas y del resto de grandes rapaces en España y en Europa Occidental.

En la actualidad Castilla-La Mancha alberga las poblaciones reproductoras más importantes de águila imperial ibérica (datos propios sin publicar), buenas poblaciones de águila real (Del Moral, 2009) y pequeñas poblaciones de águila perdicera (Del Moral, 2006). Pero posee las principales áreas de dispersión de estas especies (Cadahía et al. 2005; 2010; Uríos et al. 2008; Martínez et al. 2010), lo que hace la región especialmente relevante para su conservación. Por lo tanto, los esfuerzos en conservación de estas grandes rapaces deben pasar por la corrección de los tendidos eléctricos en Castilla-La Mancha.

### Aplicaciones a la conservación

España presenta la singularidad de ser uno de los escasos países de su entorno con desarrollo legislativo para minimizar las afecciones de los tendidos eléctricos a las aves (*Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión*). Previa a dicha norma ha habido un importante esfuerzo legislativo por parte de las Comunidades Autónomas, que se mantiene posteriormente (Cerezo et al. 2010). Así, Castilla-La Mancha es una de las regiones pioneras en el establecimiento de normativa destinada a compatibilizar desarrollo del sistema eléctrico y supervivencia de aves (*Decreto 5/1999, de 02-02, por el que se establecen normas para instalaciones eléctricas aéreas en alta tensión y líneas aéreas en baja tensión con fines de protección de la avifauna*).

Pero la normativa castellano-manchega no afectaba a los tendidos ya construidos. Buena parte de la red de distribución regional había sido construida al publicarse la norma. Por lo tanto, hay una importante cantidad de tendidos eléctricos que no presentan garantía alguna de baja peligrosidad para las aves. Para garantizar la conservación de las aves en general y de las grandes águilas en particular es imprescindible el desarrollo de programas de conservación que incluyan la corrección y el seguimiento de tendidos eléctricos como un eje fundamental de actuación.

En los documentos de gestión de estas especies en Castilla-La Mancha (*Decreto 275/2003, de 9 de septiembre, por el que se aprueban los planes de recuperación del águila imperial ibérica -Aquila adalberti-, de la cigüeña negra -Ciconia nigra- y el plan de conservación del buitre negro -Aegypius monachus-*, y se declaran zonas sensibles las áreas críticas para la supervivencia de estas especies) se recoge la interacción con tendidos eléctricos como un aspecto clave. Pero al objeto de dar cumplimiento al R.D. 1432/2008 es preciso desarrollar una planificación que permita, de forma ordenada, minimizar la afección de los tendidos eléctricos a las especies amenazadas.

## La electrocución en España



# La electrocución en España

## Introducción

Como se ha podido comprobar en el trabajo anterior, España es uno de los países con mayor trabajo realizado en la interacción negativa entre aves y tendidos eléctricos. Esto ha provocado que se disponga de una amplia bibliografía al respecto de la incidencia de la electrocución, con un notable número de trabajos.

Las causas que pueden estar detrás de este hecho son muy numerosas y compatibles entre sí. Por una parte, España alberga los principales contingentes europeos de rapaces amenazadas (como las carroñeras o las grandes águilas; BirdLife International, 2004). Entre estas rapaces amenazadas se encuentra de manera casi exclusiva el águila imperial ibérica, cuya principal causa de mortalidad conocida es la electrocución (González et al. 2007). Para lograr la conservación de este ave se han desarrollado numerosas acciones, entre las que destaca la corrección de tendidos eléctricos (MMA, 2001). Pero también se dan otros factores, como una red de distribución aérea en el ámbito rural muy desarrollada y casi exclusivamente aérea y un notable interés por la conservación de la biodiversidad.

En el capítulo anterior del presente trabajo se ha realizado una aproximación inicial a la realidad global de la electrocución. Y como principal resultado del mismo cabe destacar que en España se dan algunas de las tasas más elevadas de mortalidad por electrocución del mundo. Pero las más que son indudablemente las más elevadas del mundo son las tasas de mortalidad por electrocución de grandes águilas en Castilla-La Mancha.

Por lo tanto, parece necesario conocer más en detalle la incidencia real de la electrocución en España, cómo se reparte y qué factores afectan. Pero además y dado que en muchos casos la bibliografía está desactualizada, se va a realizar un análisis de la evolución temporal de las mortalidades en aquellas zonas que tengan varias referencias bibliográficas.

De esta forma, este capítulo busca conocer la situación real de la electrocución en España a partir de dos fuentes objetivas: la recuperación de aves anilladas y la bibliografía. La recuperación de aves anilladas electrocutadas servirá de base para un análisis espacial y factorial, mientras que el análisis bibliográfico debe permitir conocer la evolución de la incidencia en el tiempo.

## Material y métodos

### Obtención y análisis de datos

Se solicitó información sobre las aves anilladas que han sido recogidas (vivas o muertas) con signos de electrocución (circunstancia 35, de acuerdo a la base de datos empleada). La consulta se efectuó a la Oficina de Especies Migratorias de la entonces Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Ante el previsible cierre de dicha oficina, la consulta se efectuó a finales de 2010. Se solicitaron los datos comprendidos entre 1990 y 2010.

Se va a realizar un análisis exploratorio de la mortalidad encontrada de aves en general, de rapaces y de grandes águilas. Se van a analizar las variaciones existentes en el tiempo y en la naturaleza de las aves encontradas electrocutadas. Para ello se van a emplear análisis exploratorios simples y gráficos que permitan apoyar los análisis efectuados. Sólo se van a considerar las aves que aparecen muertas en territorio español.

## Análisis espacial a escala estatal

En primer lugar y como primera aproximación a la realidad, se van a elaborar diversos mapas que permitan conocer la distribución espacial de la mortalidad en el territorio. Para ello se van a presentar los siguientes mapas:

- Número de aves electrocutadas por provincia
- Número de aves electrocutadas por provincia, normalizado por la superficie de la misma
- Número de rapaces electrocutadas por provincia
- Número de rapaces electrocutadas por provincia, normalizado por la superficie de la misma
- Número de grandes águilas electrocutadas por provincia
- Número de grandes águilas electrocutadas por provincia, normalizado por la superficie de la misma

De esta forma se obtiene una representación gráfica de dónde se han encontrado las principales tasas de mortalidad para las grandes aves. Pero es necesario complementar esta visión con la estandarización de las electrocuciones encontradas en función de la superficie de cada provincia, que intervendrá, de manera muy relevante, en la probabilidad de encontrar un ave. Para efectuar la representación se han organizado los mapas en 10 niveles de colores, siendo el primero de ellos transparente. Se ha empleado el software ArcGIS 10.1.

## Análisis factorial a escala estatal

Se van a relaciona a través de un análisis factorial relativamente sencillo. A partir de aquellos aspectos clave detectados en estudios de detalle (Mañosa, 2001; Lehmann et al. 2007; Guil et al. 2011) se van a analizar una serie de factores que potencialmente pueden intervenir en la electrocución y su detección. Las variables respuesta van a ser los distintos números de electrocuciones: aves, rapaces y grandes águilas. Se realiza una transformación logarítmica de las variable respuesta para lograr las asunciones del modelo ( $y = \ln(x + 1)$ ). Se van a emplear los siguientes factores:

- Dinámica poblacional (natalidad y mortalidad)
  - Longitud de tendidos eléctricos (a partir de la Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000), ya que es previsible que la mortalidad esté condicionada por el riesgo existente, que estará en función de la longitud de tendidos
  - N° de conejos cazados (a partir del Anuario de Estadística Agraria de 2004, al ser el último año con datos desglosado por provincias disponibles para toda España), puesto que son la presa principal de los ecosistemas ibéricos (Delibes-Mateos et al. 2007)
  - Superficie de áreas importantes para las aves (a partir de la información aportada por el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad)
  - Número de cuadrículas UTM 10x10 con reproducción de rapaces (a partir de los datos del Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad), de forma aditiva para cada especie
- Detectabilidad
  - Superficie de la provincia (a partir de la Base Cartográfica Nacional a escala 1:25.000), ya que a mayor superficie de cada provincia existe, a priori, una mayor probabilidad de que ocurra la electrocución
  - Longitud de caminos rurales (a partir de la Base Cartográfica Nacional a escala 1:200.000), puesto que la presencia de caminos influye en entornos más humanizados y éstos a su vez se han mostrado como más favorables para la electrocución
  - N° de habitantes (a partir de las estimas del INE, a fecha 1 de enero de 2011), puesto que a mayor número de habitantes mayor probabilidad de detección debe existir, a priori
  - N° de socios de la Sociedad Española de Ornitología (a 1 de febrero de 2013), como colectivo especialmente preocupado en la conservación de las aves
  - Ratio de socios de SEO por cada 10000 habitantes (a partir de los datos anteriores)
  - Superficie de espacios protegidos Natura 2000 (a partir de la cartografía oficial a diciembre de 2012), dado que en dichos espacios se pueden estar desarrollando

- programas de protección y seguimiento de aves que contemplen los recorridos de líneas eléctricas
- Cobertura promedio de árboles por provincia (a partir del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000), puesto que los árboles pueden actuar como posaderos alternativos a los apoyos de los tendidos eléctricos
- Cobertura promedio de arbustos por provincia (a partir del Mapa Forestal de España a escala 1:50.000), puesto que una mayor presencia de cubierta arbustiva favorece la presencia del conejo
- Existencia de legislación: La presencia de desarrollo legislativo se puede entender como una respuesta a un problema. Actúa como variable categórica con dos niveles, sí o no

Para la obtención de las variables derivadas de la información cartográfica se ha empleado el software ArcGIS 10.1.

Los análisis estadísticos se han efectuado mediante un ANCOVA, donde la existencia de legislación se emplea como variable categórica y las restantes actúan como covariables. Se ha buscado los modelos más sencillos en cada caso. La eliminación de variables se ha efectuado mediante un stepwise model, de tipo "backward" y empleando el nivel de significación como criterio (Quinn y Keough, 2002). Para elaborar los análisis se ha empleado el software Statistica 8.0 y un nivel de significación del 5%.

## Evolución temporal de la incidencia de la electrocución

En buena parte de España se dispone de varias referencias acerca de la incidencia de la electrocución, expresada como aves cada 100 postes recorridos (tasa de electrocución). Para aquellas referencias que aporten valores para la misma comarca, se va a realizar un análisis de las tasas de electrocución (de aves, de rapaces y de grandes águilas) encontradas a partir de un análisis no paramétrico de datos pareado, el test de signo-rango de Wilcoxon, puesto que se trata de una muestra reducida de datos pareados no provenientes de una distribución normal (Quinn y Keough, 2002). Se emplea como primer valor el dato más antiguo, mientras que como segundo valor se utiliza el más reciente. En el caso de que la publicación no especifique el año en que se comienzan los muestreos, se considera como previa la publicación más antigua. Si en una comarca hay varios datos se utilizan el más reciente y el más antiguo.

Para elaborar los análisis se ha empleado el software SPSS 15.0 y un nivel de significación del 5%.

## Resultados

### Electrocución detectada

#### Análisis por especies

En total se han encontrado 970 cadáveres de aves anilladas dentro del territorio español. El grupo con mayor mortalidad detectada es el de las grandes planeadoras no rapaces, lo que contrasta con los datos de las recopilaciones bibliográficas. Este grupo incluye a la cigüeña blanca, la especie predominante en los análisis efectuados, con 670 ejemplares. Además, este grupo incluye la garza real *Ardea cinerea* (n=3); la cigüeña negra *Ciconia nigra* (n=3), la garceta común *Egretta garzetta* (n=1), el flamenco rosa *Phoenicopterus ruber* (n=3) y la espátula *Platalea leucorodia* (n=1).

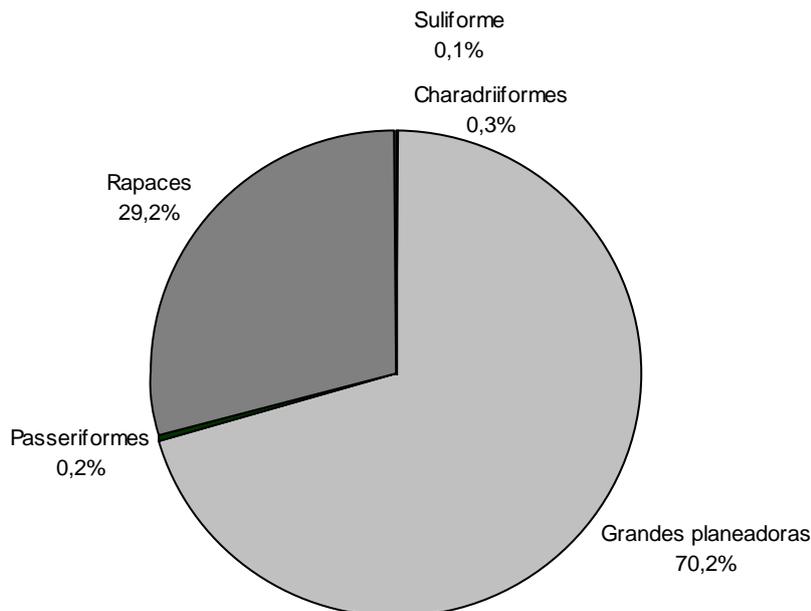


Figura 3.1: distribución de la mortalidad de aves anilladas por grupos

En el caso de las rapaces hay una mayor variedad y menor dominancia de especies. La especie que aparece con mayor número de electrocuciones es el búho real (*Bubo bubo*), con un total de 52 ejemplares, seguido del buitre leonado (*Gyps fulvus*), con 40. Contrastan con los valores de otras rapaces más pequeñas, como el cárabo (*Strix aluco*) o el alimoche (*Neophron percnopterus*) o escasas, como el quebrantahuesos (*Gypaetus barbatus*), con un único caso.

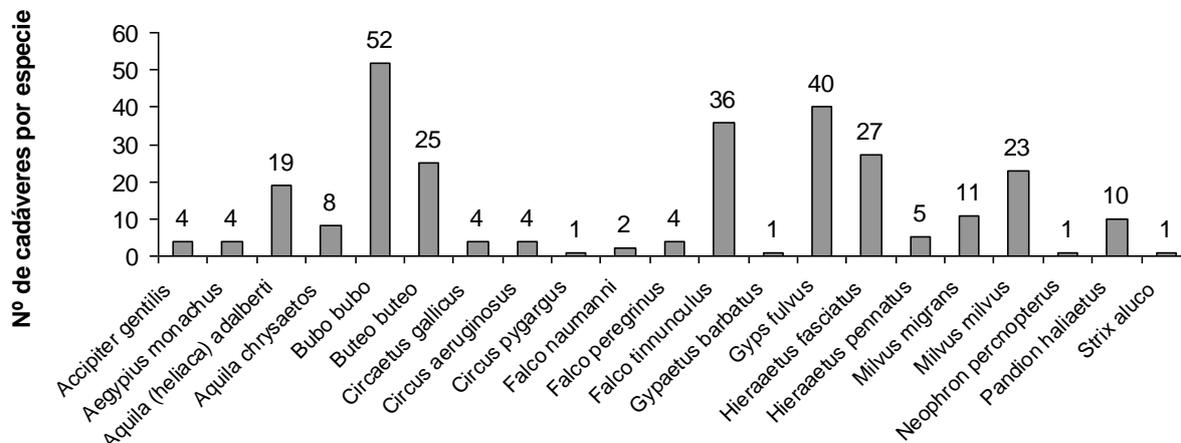


Figura 3.2: Nº de rapaces anilladas electrocutadas

### Análisis en el tiempo

La aparición de aves no es constante en el tiempo. Hay una tendencia ascendente entre los años 1995-2005, momento a partir del cual desciende de forma brusca. En el caso de 2010 la serie de datos no se puede considerar completa, al haber efectuado la consulta sin que se hayan incluido todas las recuperaciones del año.

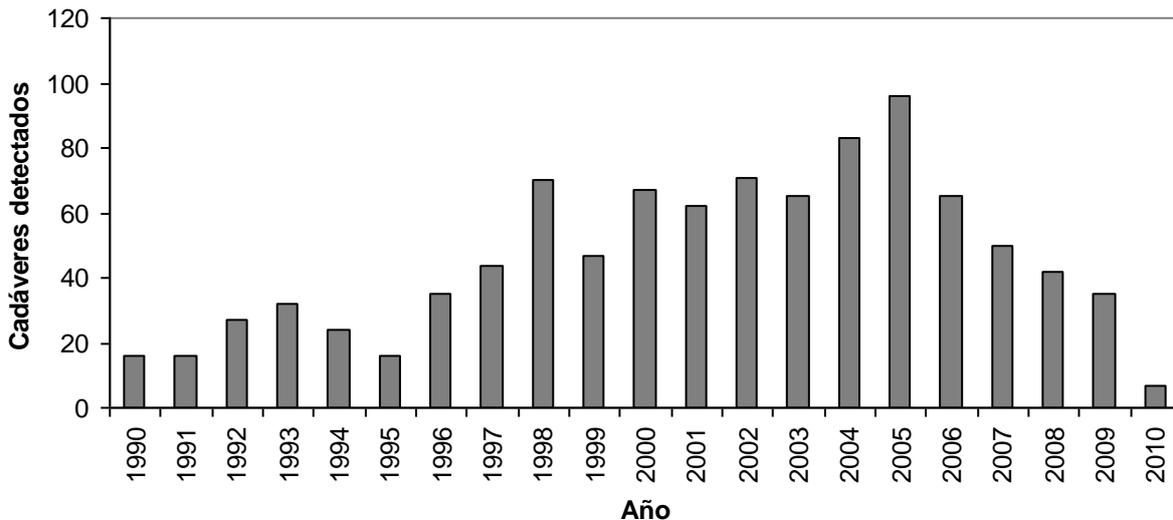


Figura 3.3: Evolución anual del nº de rapaces anilladas electrocutadas

### Análisis espacial a escala estatal

Aunque la base de datos disponga de un grado de detalle municipal, se ha elegido la escala provincial por su mayor comodidad y facilidad de interpretar los datos a gran escala. Como se puede ver en la siguiente figura, la electrocución de aves anilladas se produce en la práctica totalidad del territorio nacional, salvo Galicia e islas. Cuando se hace una corrección espacial del número de cadáveres encontrados por la superficie de la provincia, se observa que ni en la franja cantábrica ni en Castilla y León parece presentar un problema, al contrario que en el tercio noreste y la zona centro-oriental, donde hay una importante incidencia de la electrocución.

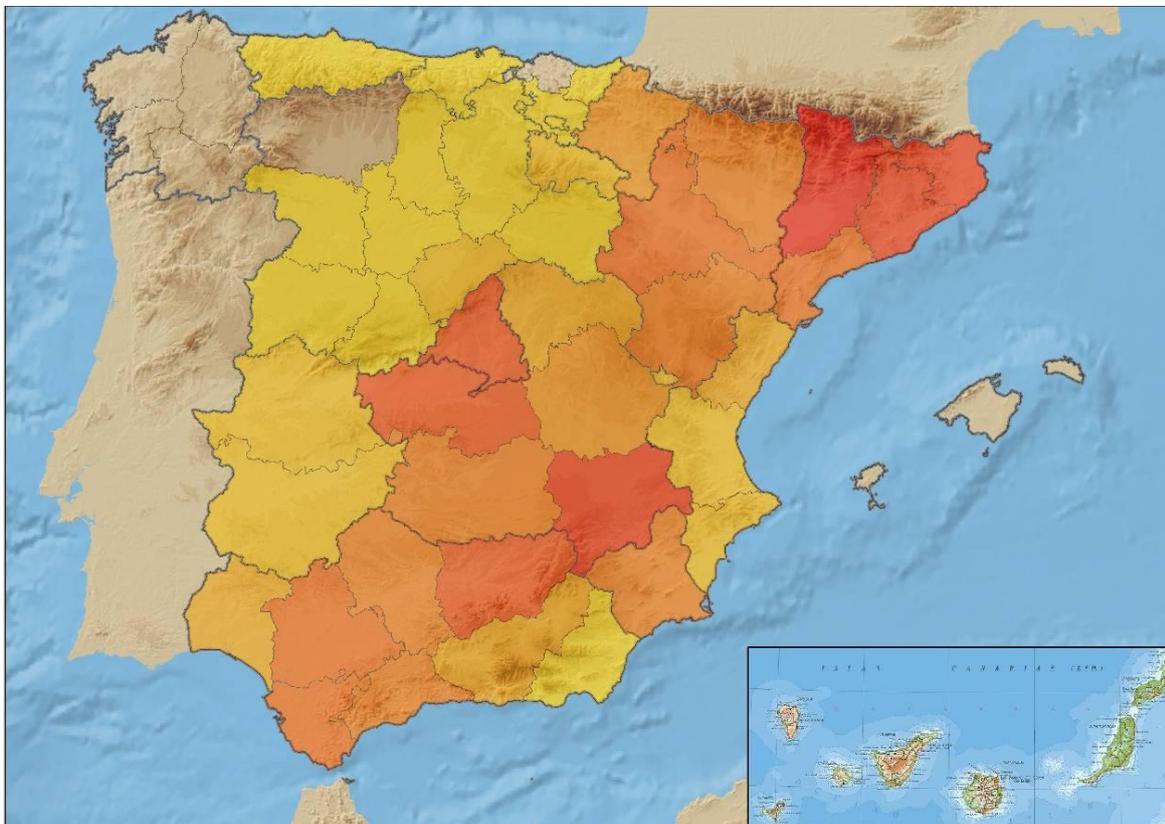


Figura 3.4: distribución espacial de la mortalidad de aves anilladas, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

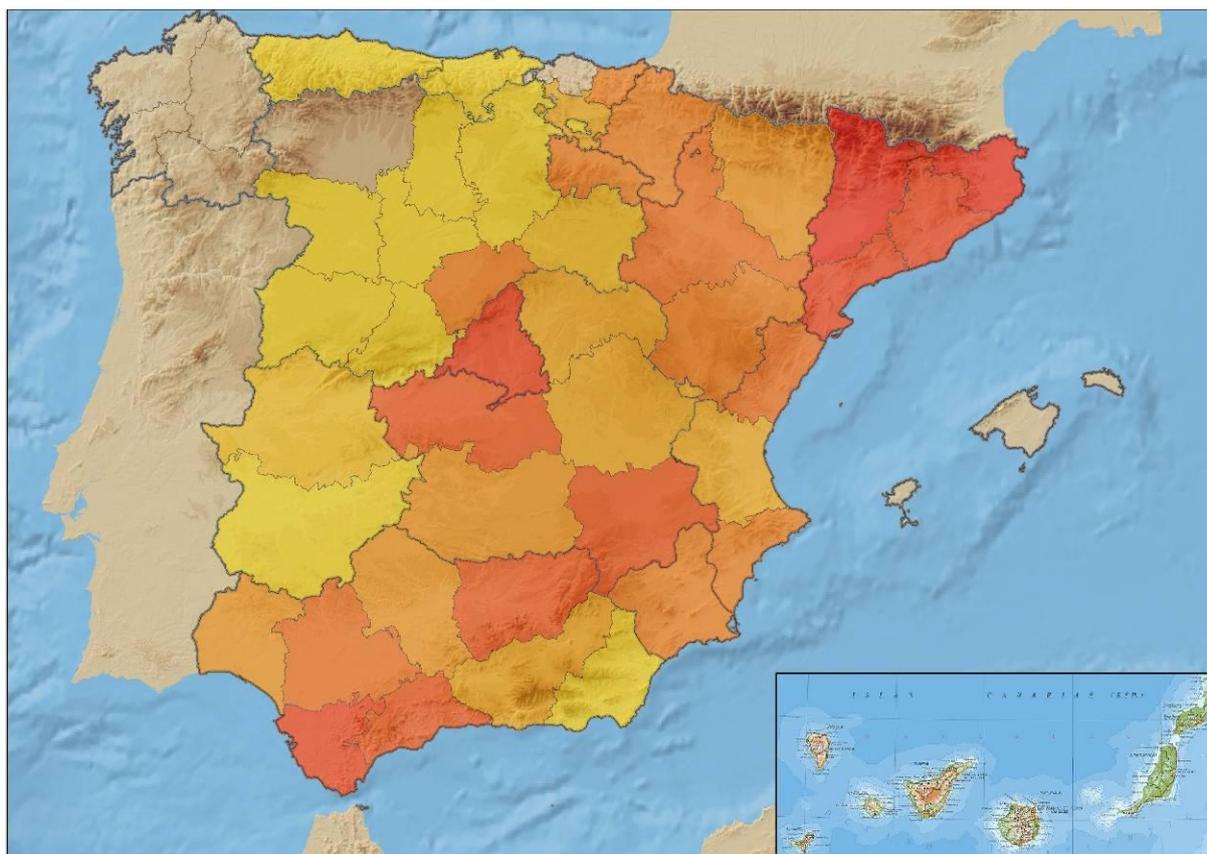


Figura 3.5: distribución espacial de la mortalidad de aves anilladas, estandarizada por la superficie de cada provincia, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

Quando se analizan únicamente las rapaces se observa que la tendencia apuntada anteriormente parece mantenerse. En la franja cantábrica resulta un problema de conservación anecdótico, como en buena parte de Castilla y León, aunque adquiere más importancia en el entorno de Madrid (Ávila y Segovia). Se puede observar cómo en Extremadura se hace más apreciable el problema, al contrario de lo que ocurría al tratar la electrocución de todas las aves.

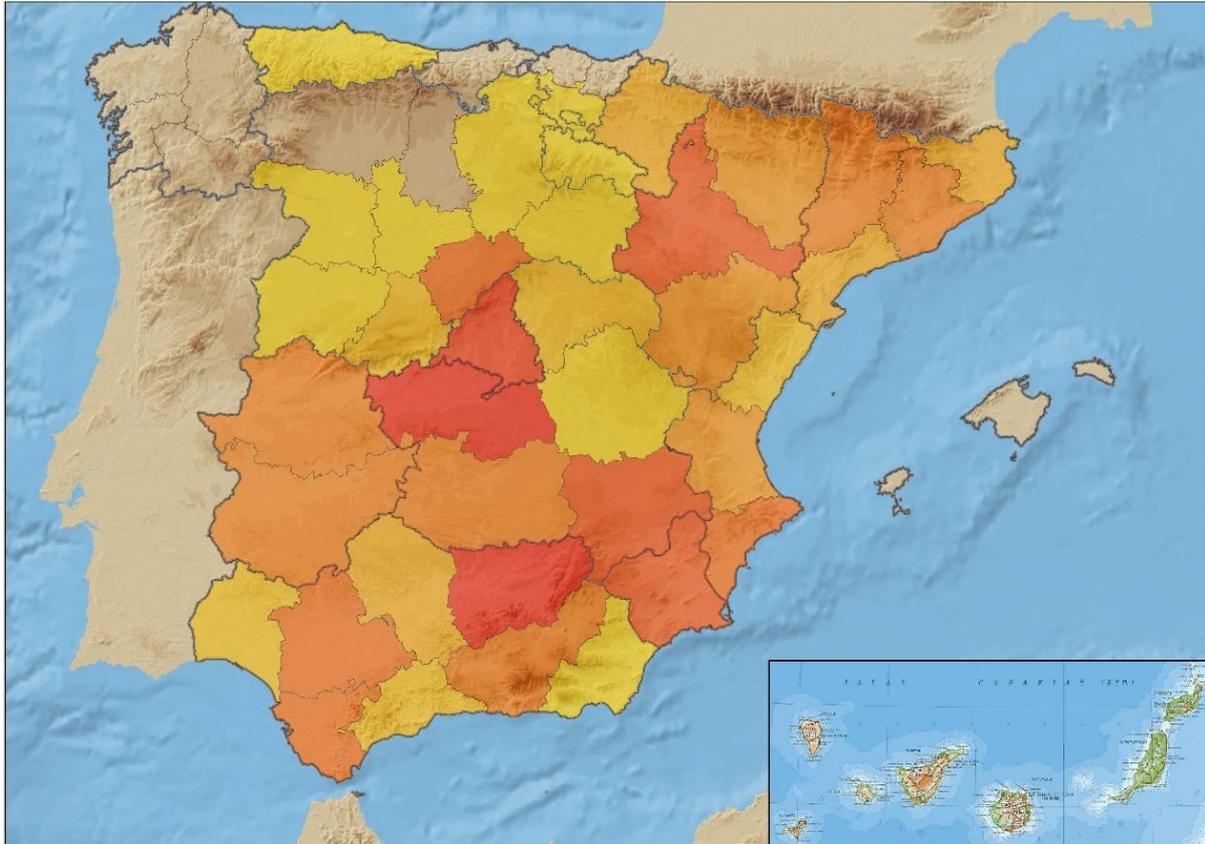


Figura 3.6: distribución espacial de la mortalidad de rapaces anilladas, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

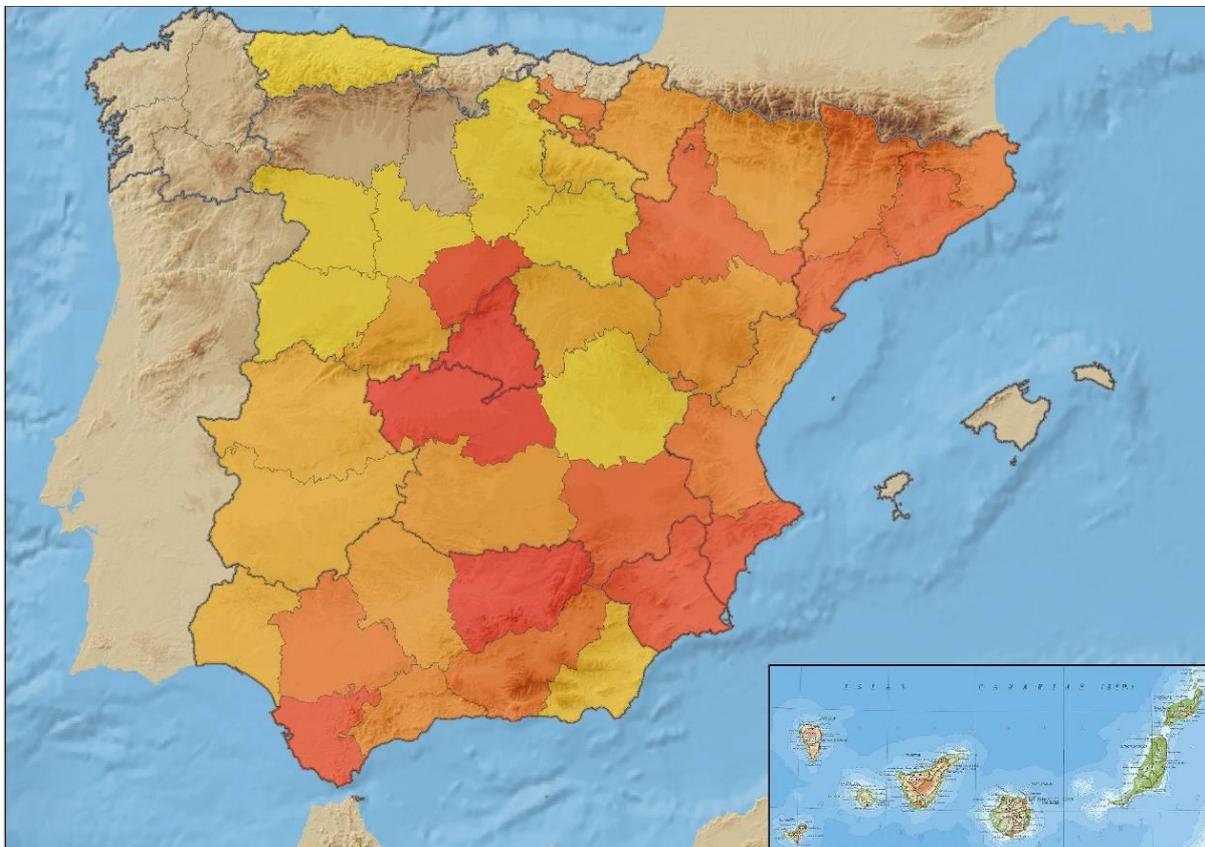


Figura 3.7: distribución espacial de la mortalidad de rapaces anilladas estandarizada por la superficie de cada provincia, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

Al realizar el análisis corregido por la superficie, la tendencia se mantiene, pero adquiere una mayor importancia el conjunto de la franja costera mediterránea. En este caso es de destacar también el ascenso de la provincia de Cádiz.

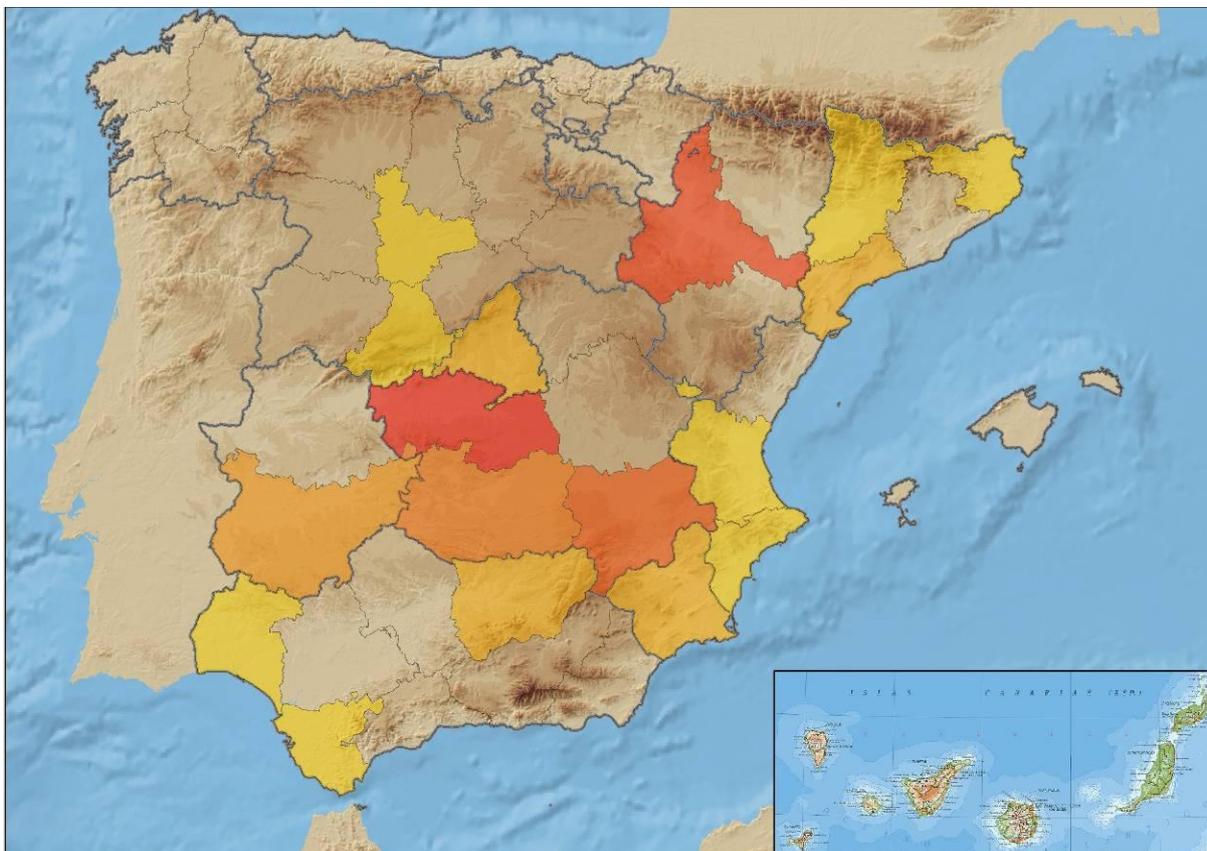


Figura 3.8: distribución espacial de la mortalidad de grandes águilas anilladas, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

Finalmente, la distribución de la mortalidad de las grandes águilas sigue un patrón completamente distinto. Aquí la importancia fundamental se da en la franja central (desde Badajoz a Murcia, incluyendo Madrid, Toledo y Jaén). Esta tendencia es aún más relevante cuando los datos se tratan y estandarizan por la superficie de cada una de las provincias.

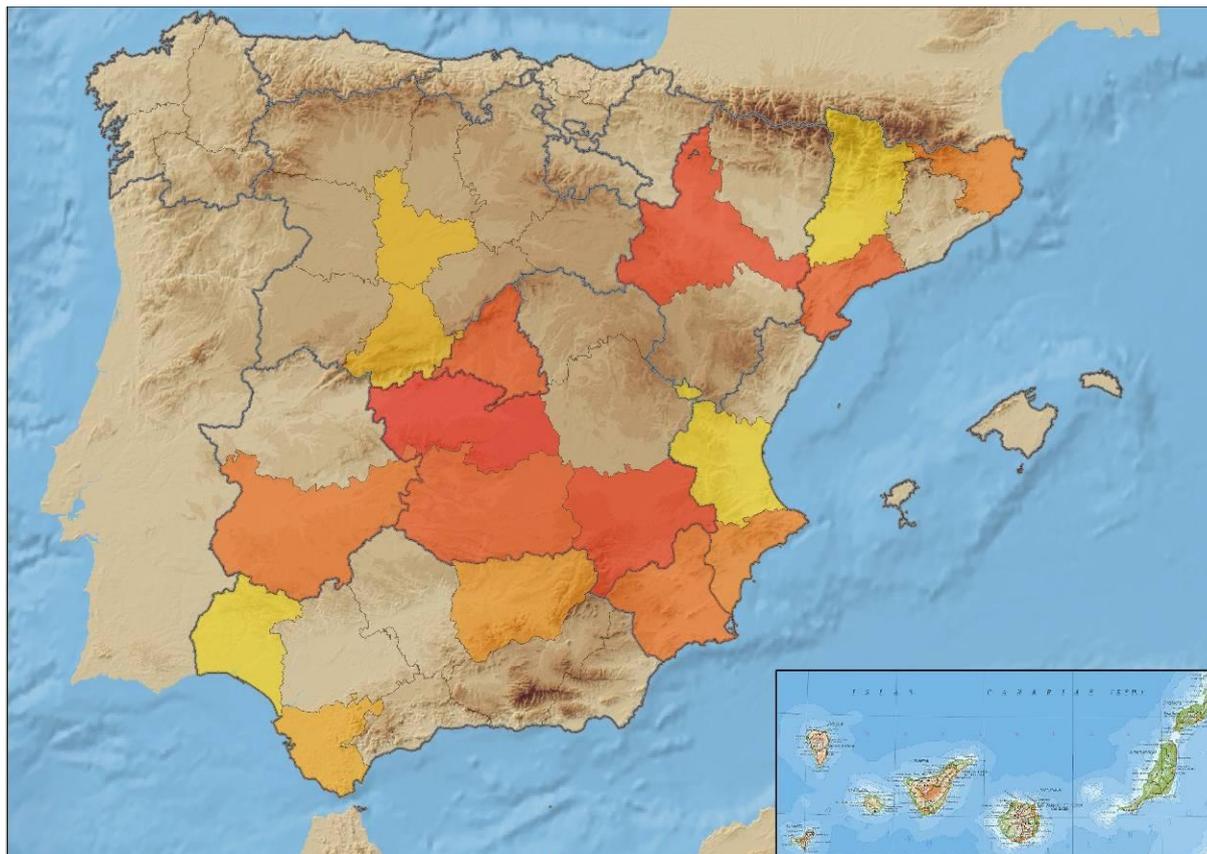
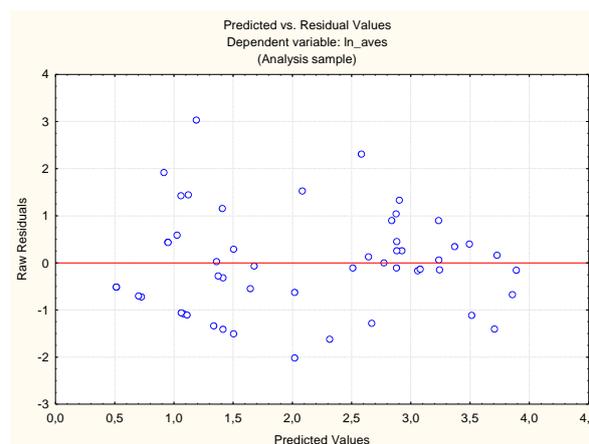
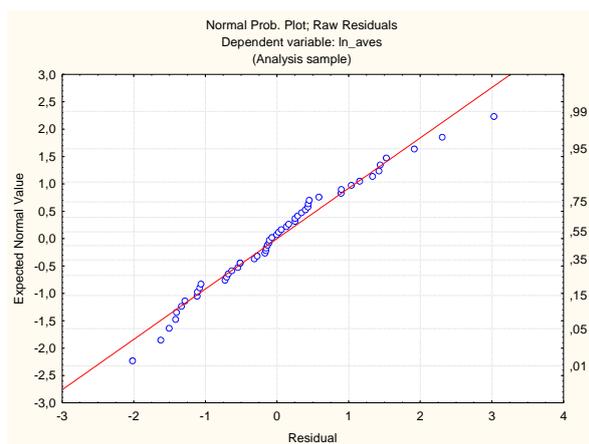


Figura 3.9: distribución espacial de la mortalidad de grandes águilas anilladas estandarizada por la superficie de cada provincia, en un gradiente de colores amarillo-rojo, donde las zonas rojas son las que tienen más registros

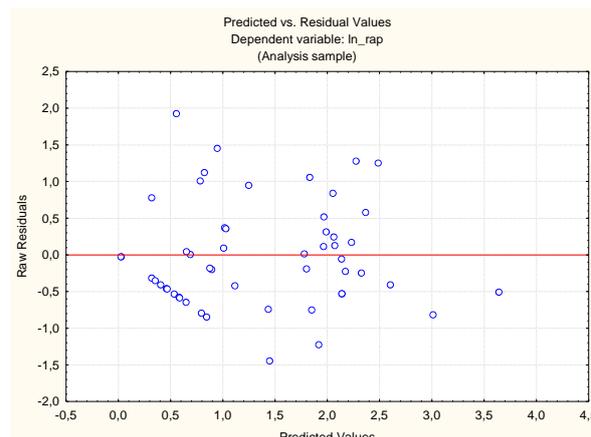
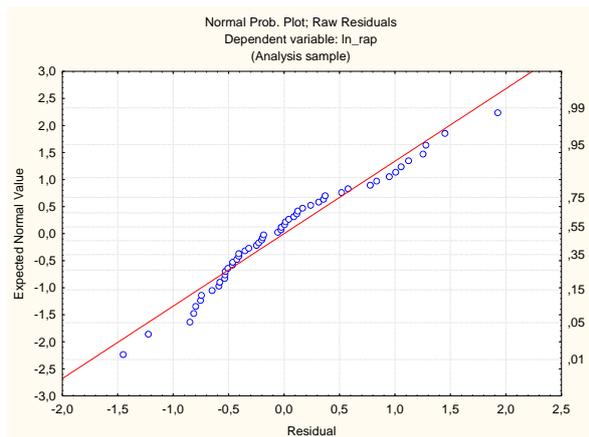
### Análisis factorial a escala estatal

En el caso de las aves, el modelo más sencillo incluye la variable de la existencia de legislación ( $F_{1,49}=28,688$ ;  $p<0,0000$ ) y de la longitud de tendidos ( $F_{1,49}=12,568$ ;  $p=0,00087$ ). El modelo permite explicar el 48,52% de la variabilidad ( $R^2=48,52\%$ ). El ajuste encontrado es bastante bueno, aunque con algunos "outliers".



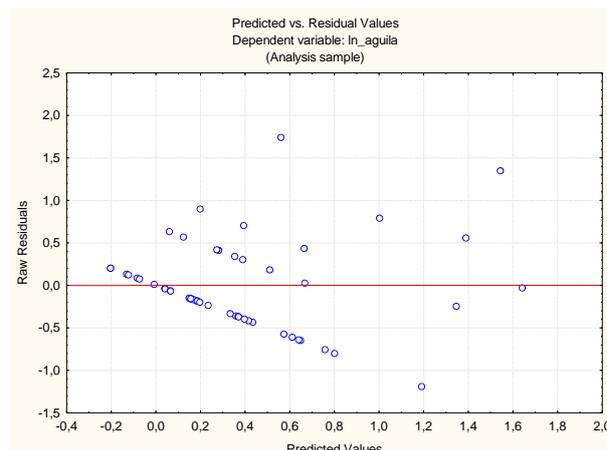
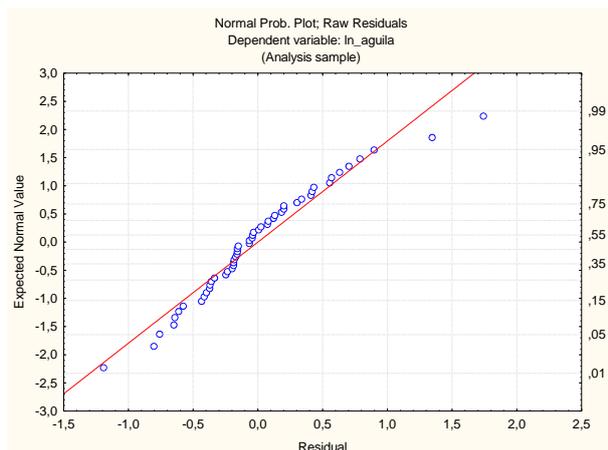
Figuras 3.10 y 3.11: distribución normal de los residuos y de los residuos esperados frente a los reales para las aves

En el caso de las rapaces, el modelo más sencillo incluye la variable de la existencia de legislación ( $F_{1,48}=11,684$ ;  $p=0,00129$ ), la superficie Natura 2000 ( $F_{1,48}=11,62$ ;  $p=0,00133$ ) y de la población ( $F_{1,48}=10,229$ ;  $p=0,00245$ ). El modelo permite explicar el 58,04% de la variabilidad ( $R^2=58,04\%$ ). El ajuste encontrado es bueno, aunque peor que en el caso anterior.



Figuras 3.12 y 3.13: distribución normal de los residuos y de los residuos esperados frente a los reales para las rapaces

Finalmente, en el caso de las águilas electrocutadas, se ha simplificado el modelo hasta convertirlo en una regresión. Intervienen en este caso el número de conejos cazados ( $F_{1,49}=18,2$ ;  $p<0,000$ ) y la superficie de la provincia ( $F_{1,49}=5,55$ ;  $p=0,0225$ ). El modelo permite explicar el 39,99% de la variabilidad observada ( $R^2=39,99\%$ ). Ambas variables muestran proporcionalidad directa con la variable respuesta. El ajuste encontrado es relativamente bueno y peor que en los casos anteriores.



Figuras 3.14 y 3.15: distribución normal de los residuos y de los residuos esperados frente a los reales para las grandes águilas

## Evolución temporal de la incidencia de la electrocución

Se han encontrado 10 áreas con dos o más referencias. En uno de los casos (S.O. de Madrid) se aportan datos propios, sobre 452 apoyos revisados desde 2005 en el S.O. de Madrid.

Área	Año	T1	T2	T3	N	Referencia
Navarra	-	11,80	6,85	0	796	Asociación Landazuria-CODA. 1994. Tendidos eléctricos en Navarra: afecciones sobre la avifauna. Pp. 36-46. En CODA (Ed.). El impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna. CODA, Madrid
	-	11,23	7,40	0,36	608	Fernández, C., Azkona, P. 2002. Tendidos eléctricos y medio ambiente en Navarra. Gobierno de Navarra, Pamplona
Fuerteventura	1993	1,92	1,20	0	17	Lorenzo, J.A. 1995. Estudio preliminar sobre la mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Fuerteventura (Islas Canarias). <i>Ecología</i> , 9: 403-407
	2005	0,76	0,17	0,00	384	Lorenzo, J.A.; Ginovés, J. 2007. Mortalidad de aves en los tendidos eléctricos de los ambientes esteparios de Lanzarote y Fuerteventura, con especial referencia a la avutarda hubara. SEO/BirdLife. La Laguna, Tenerife
Ciudad Real	1989	16,94	16,82	3,32	1629	Guzmán, J.; Castaño, J.P. 1998. Electrocuación de rapaces en líneas eléctricas de distribución en Sierra Morena Oriental y Campo de Montiel. <i>Ardeola</i> , 45(2): 161-169
	2003	-	15,10	2,51	6304	Guil, F., Fernández-Olalla, M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., García, M.E., Aranda, A., Arredondo, A., Guzmán, J., Oria, J., Margalida, A., González, L.M. 2011. Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize application of mitigation measures. <i>PLoS ONE</i> 6(11): e28212
Doñana	1982	-	8,07	0,18	1127	Ferrer, M.; de la Riva, J.; Castroviejo, J. 1991. Electrocutation of raptors on power lines in Southwestern Spain. <i>Journal of Field Ornithology</i> , 62(2): 181-190
	1990	10,37	6,17	0,40	5053	Janss, G.F.E., Ferrer, M. 2001. Avian electrocution mortality in relation to pole design and adjacent habitat in Spain. <i>Bird Conservation International</i> 11:3-12
Toledo	1992	39,88	37,69	5,65	2229	Calvo, J.A. 1999. En seis años murieron más de 800 rapaces electrocutadas en Toledo. <i>Quercus</i> , 157: 54-55
	1994	7,11	5,94	1,34	4020	Ruiz, R.; Martín, J.L. 1997. Impacto de los tendidos eléctricos sobre la avifauna en Castilla-La Mancha. Determinación de un índice de valoración de la peligrosidad de tendidos eléctricos para aves rapaces. II Congreso Forestal. Actas, tomo 2: 431-436
Lanzarote	1994	0,35	0	0	574	Lorenzo, J.A.; Linares, J.; Abreu, J.N. 1997. Mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Lanzarote, Islas Canarias. <i>Vieraea</i> , 26: 1-10
	2005	0,05	0,00	0,00	2037	Lorenzo, J.A.; Ginovés, J. 2007. Mortalidad de aves en los tendidos eléctricos de los ambientes esteparios de Lanzarote y Fuerteventura, con especial referencia a la avutarda hubara. SEO/BirdLife. La Laguna, Tenerife
Granada	-	-	5,94	1,63	673	Bautista, J.; Calvo, R.; Otero, M.; Martín, J.; Gil, J.M. 1999. Águilas perdiceras mueren en los tendidos del suroeste de Granada mientras se dispersan. <i>Quercus</i> , 165: 49
	1998	-	0,80	0,27	3384	Monleon, M.; Bautista, J.; Garrido, J.R.; Martín-Jaramillo, J.; Ávila, E.; Madero, A. 2007. La corrección de tendidos eléctricos en áreas de dispersión de águila-azor perdicera: efectos potenciales positivos sobre la comunidad de aves rapaces. <i>Ardeola</i> , 54(2): 319-325
S.O. Madrid	1988	77,5	75,94	3,75	320	Múgica, A. 1989. Aves electrocutadas en la Comunidad de Madrid. <i>Quercus</i> , 39: 29
	2005	2,21	2,21	0,22	452	Datos propios
Huelva	1997	-	6,96	0,83	848	Monleon, M.; Bautista, J.; Garrido, J.R.; Martín-Jaramillo, J.; Ávila, E.; Madero, A. 2007. La corrección de tendidos eléctricos en áreas de dispersión de águila-azor perdicera: efectos potenciales positivos sobre la comunidad de aves rapaces. <i>Ardeola</i> , 54(2): 319-325
	2002	10,62	5,25	0,39	1525	Garrido, J.R. 2003. Plan de actuación para la aplicación de medidas correctoras en tendidos eléctricos de baja y media tensión para la avifauna. Huelva. Tragsa
Extremadura	1985	19,97			616	Negro, J.J. 1987. Adaptación de los tendidos eléctricos al entorno. Monografías de Alytes, 1. Adenex. Mérida
	2009	24,48	20,83	0,00	192	Zalba, F.J. 2009. Acciones para la conservación de fauna amenazada. Inedit report. Junta de Extremadura, Mérida

Tanto en el caso de las aves en general ( $n=5$ ;  $Z=-2,023$ ;  $p=0,043$ ), como en el de las rapaces ( $n=9$ ;  $Z=-2,38$ ;  $p=0,017$ ) se puede afirmar que, de acuerdo a la información recopilada, las tasas más recientes son menores que las anteriores. En el de las grandes águilas ( $n=9$ ;  $Z=-1,859$ ;  $p=0,063$ ) no se puede llegar a afirmar este hecho. Lo que sí ha aumentado es el tamaño de muestra en los últimos estudios, pasando de  $1022,9 \pm 650,8$  revisiones de apoyo por estudio a  $2895,9 \pm 1956,2$  ( $n=10$ ;  $Z=-2,599$ ;  $p=0,009$ ). En las gráficas subsiguientes puede comprobarse cómo la tasa de electrocución tiende a bajar en todos los casos.

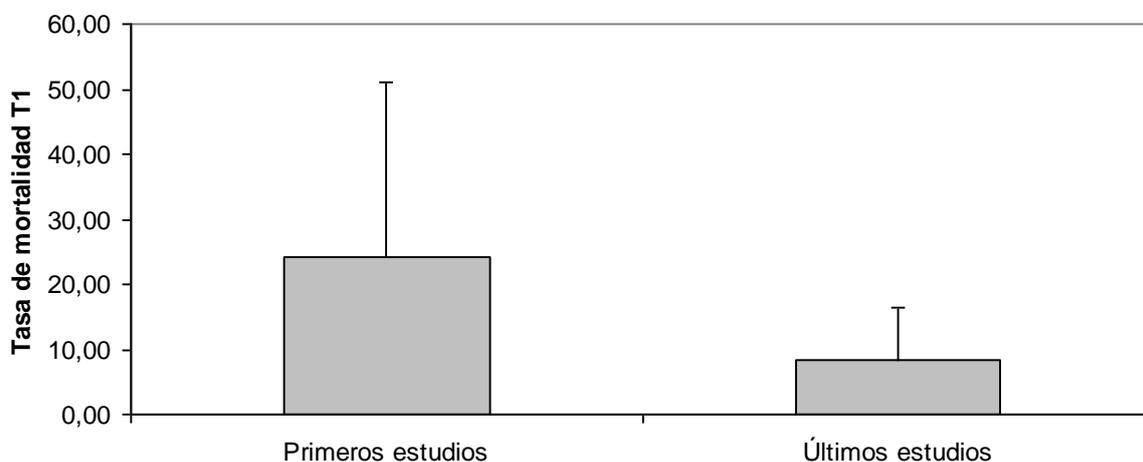


Figura 3.16: evolución de las tasas de electrocución de aves entre los primeros y los últimos estudios disponibles

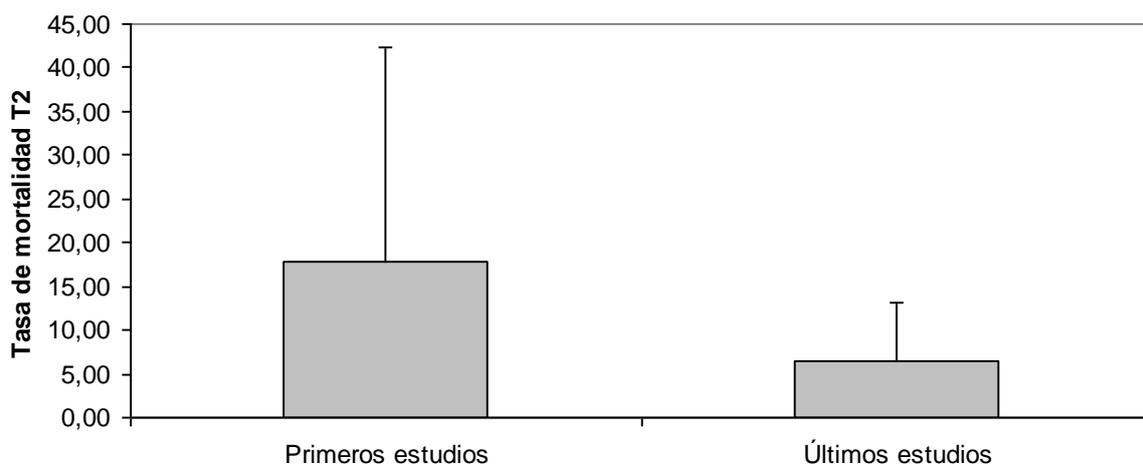


Figura 3.17: evolución de las tasas de electrocución de rapaces entre los primeros y los últimos estudios disponibles

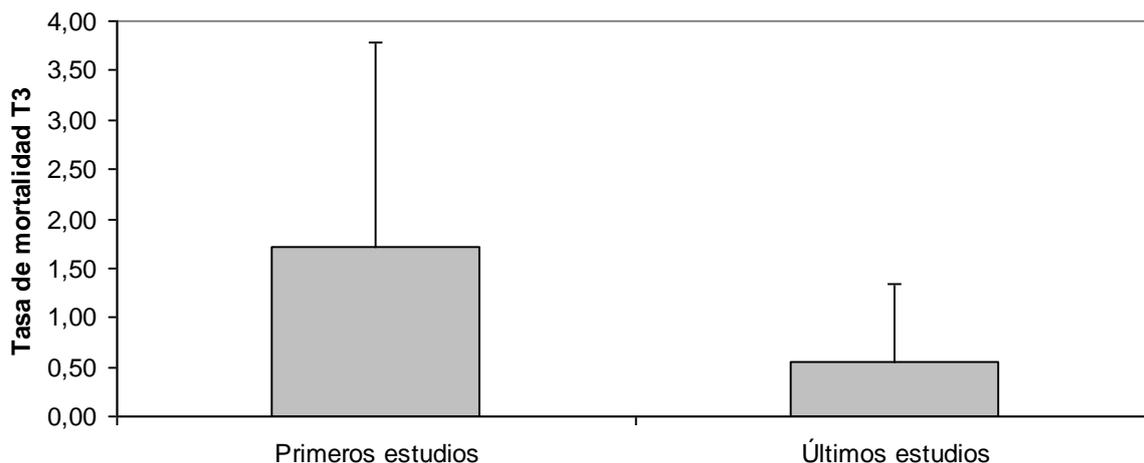


Figura 3.18: evolución de las tasas de electrocución de grandes águilas entre los primeros y los últimos estudios disponibles

## Discusión

### Electrocución detectada

El primer factor que resulta reseñable es el hecho de que la especie que cuenta con mayor número de registros en la base de datos sea la cigüeña blanca, dada la variabilidad con la que aparece. Se han encontrado estudios regionales en los que apenas aparece (Guzmán y Castaño, 1998; Calvo, 1999), otros con una presencia relativa (Fernández y Azkona, 2002) y otros en los que resulta muy abundante (Fernández, 1988; Garrido y Fernández-Cruz, 2003). Esto puede deberse, entre otros factores, al mayor número de cigüeñas anilladas en relación a otras de las especies accidentadas (Frias et al. 2009). Estos datos contrastan con otros trabajos, donde se afirma que el ratonero es la especie con mayor accidentalidad (Baquedano y Peris, 2003), lo que puede deberse al diferente ámbito de estudio.

Las rapaces encontradas parecen verse igualmente afectadas por los anillamientos efectuados. Un ejemplo que caracteriza la diferente susceptibilidad de las aves a la electrocución es el caso del cernícalo primilla, donde a pesar del elevado número de ejemplares anillados apenas 2 han sido detectados electrocutados. Por el contrario tenemos al águila imperial ibérica, donde un elevado porcentaje de los individuos anillados se ha encontrado electrocutado (Frias et al. 2008). Estos resultados pueden estar condicionados por la presencia de radioemisores en los ejemplares anillados, que facilitan su detección posterior (González et al. 2007).

Con independencia del observador, resulta preocupante la evolución desde 2005 de la electrocución detectada. Dado que las fuentes de mortalidad (tendidos eléctricos) se han corregido sólo parcialmente, esta diferencia es atribuible en primer lugar a dos causas directas: a un menor esfuerzo de supervisión de líneas o a un incremento de los carroñeros (Herruzo y Martínez-Jáuregui, 2013), que intervienen en la detectabilidad de los cadáveres (Ponce et al. 2010).

De forma complementaria se podría deber a una menor presencia de observadores en el medio natural (Pergams y Zaradic, 2008), ya sea por los efectos de la crisis, en el caso de los observadores profesionales, o por la pérdida de interés. Para soslayar la primera posibilidad, sería deseable contar con estadísticas del esfuerzo realizado, preferentemente del número de apoyos revisados por Comunidad Autónoma y provincia.

## Análisis espacial a escala estatal

Los análisis efectuados muestran que se ha detectado electrocución de aves anilladas en la mayor parte de España, salvo en las islas y en las partes atlánticas. Esto puede deberse a muchas causas, puesto que hay registros de electrocución en algunas de estas áreas (Fernández, 1988; Lorenzo y Ginovés, 2007). Una de las causas puede ser la falta de anilladores en estas áreas (Frías et al. 2008). Y otra, la falta de seguimiento de la incidencia de tendidos eléctricos, como parece desprenderse de la escasez de referencias bibliográficas (ver capítulo previo). Para la zona netamente atlántica sólo se han encontrado referencias de Navarra (Asociación Landazuria, 1994; Fernández y Azkona, 2002), donde también hay buena parte de zona mediterránea.

En el caso de las islas Canarias se puede entender la ausencia de mortalidad dada la escasez de aves de gran porte. De las aves de gran tamaño para las que se han efectuado programas de seguimiento, incluyendo anillado, la mortalidad se ha producido fundamentalmente por colisión (avutarda hubara; Lorenzo y Ginovés, 2007) o enganche (guirre; Gangoso y Palacios, 2002), por lo que no es de extrañar la ausencia de registros. De forma contraria, está el caso de Baleares. Se trata de un lugar donde habita una especie con cierta tendencia a la electrocución y para la que se ha efectuado un programa de seguimiento a largo plazo incluyendo anillamiento, el buitre negro. Pero de esta especie no se poseen datos. Por el contrario, en Menorca se han efectuado seguimientos para comprobar la afección de la electrocución al milano real (Bosch et al. 1997), que presentaba elevadas tasas de mortalidad por electrocución.

Cuando se analizan las electrocuciones de rapaces anilladas, la tendencia parece ser a una acumulación en la parte oriental del país y a lo largo de la costa mediterránea. Además, se hace especialmente notoria la ausencia de mortalidad en la franja cantábrica. La falta de seguimiento antes mencionada puede deberse a una escasa percepción del problema. Sin embargo, la interacción con los tendidos eléctricos puede afectar a otras especies presentes en la zona, ya sea como reproductoras (caso del urogallo cantábrico; Madroño et al. 2004) o en procesos de reintroducción (como el quebrantahuesos; Margalida et al. 2008). En este último caso, los trabajos encontrados hasta el momento no incluyen la revisión de tendidos apoyo por apoyo, sino caracterización de las líneas (Tirado y Reyero, 2005).

Como se desprende de los análisis efectuados en el capítulo anterior, la electrocución de grandes águilas no es un fenómeno homogéneamente repartido por el territorio. A partir de los ejemplares marcados se ha podido comprobar cómo las mayores tasas de electrocución se dan en la zona central de España (entre Badajoz y Murcia) y en valle del Ebro (provincias de Zaragoza y Tarragona). Estas zonas han concentrado gran cantidad de atención (Pelayo y Sampietro, 1997; Guzmán y Castaño, 1998; Calvo, 1999), lo que probablemente ha favorecido que se corrijan buena cantidad de tendidos (Gobierno de Aragón, 2010; Guil et al. 2011).

## Factores que intervienen en la electrocución

Parece un contrasentido que cada grupo de especies posea unos factores que, a escala provincial, favorezcan la electrocución. Pero al realizar un análisis en detalle se observa como los resultados obtenidos arrojan cierta coherencia. Tanto en el caso de las aves como de las rapaces se han producido mayores registros de electrocución en aquellas zonas con normativa autonómica. La interpretación es que se ha implementado normativa como respuesta al problema de la interacción, de forma que la existencia de normativa puede ser, en algunos casos, posterior a los datos de electrocución.

Por su parte, en el caso de las aves, su aparición está positivamente relacionada con la presencia de tendidos eléctricos. Se puede interpretar por tanto que la aparición de aves electrocutadas estará en función del grado de desarrollo de la red eléctrica. Esto hace pensar en la electrocución de las aves como un fenómeno relativamente azaroso, condicionado apenas por la existencia de líneas en las que electrocutarse.

Frente a esta interpretación, en el caso de las rapaces se ha encontrado que los factores que intervienen son la presencia de espacios Natura 2000 y de población. Una posible interpretación conjunta de ambos factores es que las electrocuciones son más frecuentes en zonas humanizadas, pero con un relativo grado de conservación, como ha sido sugerido en estudios previos (Guil et al. 2011). Parece lógico que la presencia de

espacios Natura 2000 favorezca la detección de aves, especialmente cuando hay establecidos programas de seguimiento de tendidos eléctricos (Cerezo et al. 2010).

Se ha visto cómo la calidad de los modelos sea menor cuanto menor es el volumen de datos. Apenas un tercio de las provincias y ciudades autónomas tienen registros de mortalidad de águilas, lo que incide en el comportamiento de los modelos. Y es que la mortalidad de grandes águilas tiende a concentrarse más que la de las rapaces (Guil et al. 2011). Pero los factores que lo explican parecen bastante claros. De una parte tenemos la abundancia de conejos, que ya se ha sugerido como factor decisivo (Lehman et al. 2007; Guil et al. 2011). Y por otra, la superficie de la provincia. Éste factor, como sucedía en el caso de las aves, puede estar relacionado con la simple probabilidad de que suceda la electrocución. Pero también puede suceder que se deba al aprovechamiento más extensivo de las provincias de gran tamaño (p.ej. Badajoz, Ciudad Real, Toledo, Zaragoza), ligado a agrosistemas extensivos de secano que resultan favorables a la presencia de conejo (Delibes-Mateos et al. 2008).

### **Evolución temporal de la incidencia de la electrocución**

La tendencia que parecen seguir los datos es positiva. Pero puede tratarse de un factor derivado del incremento del tamaño muestral. Así, en estudios más reducidos se siguen de forma prioritaria los apoyos que provocan más mortalidad, mientras que en estudios de ámbito más amplio puede darse la circunstancia de que se sigan un mayor número de apoyos y algunos no tan peligrosos. En cualquier caso, la reducción de las tasas de mortalidad también puede estar relacionada con una mejora en las condiciones de la red de distribución (MMA, 2001), de forma que las mejoras efectuadas cumplan su misión.

Por lo tanto, esta reducción en el conjunto de las tasas de electrocución se debe considerar como un factor positivo. Pero es necesario realizar nuevos trabajos de seguimiento que permitan conocer el grado de efectividad que las medidas que se aplicaron en su momento, especialmente en el caso de los aislamientos efectuados mediante cintas (Guil et al. 2011).

### **Aplicaciones a la conservación**

Aunque es preciso considerar los sesgos que presenta un análisis a partir de aves anilladas, la información aportada resulta coherente con otros estudios y se considera aplicable a la conservación de las aves amenazadas.

En primer lugar, se puede destacar una aparente evolución positiva en la tasa de electrocución. Y sí, aunque las tasas de electrocución han ido descendiendo, como para el resto de las aves y las grandes águilas, no dejan de producirse estos fenómenos. La promulgación de legislación parece haber sido una de las medidas empleadas en las zonas con mayor incidencia.

De esta forma y a partir de los datos de recuperaciones de aves anilladas, se puede concluir que la mortalidad de aves por electrocución en España es un fenómeno ampliamente extendido y está fundamentalmente controlado por la presencia de red de distribución eléctrica. Se da de forma más intensa en el arco mediterráneo, en contraposición a las áreas de influencia atlántica y macaronésica. Y este patrón se acentúa en el caso de la electrocución de las rapaces.

Las rapaces parecen tener unas áreas amplias de electrocución, aquellas convergen población y áreas protegidas Natura 2000. Las áreas que más frecuentemente albergan este tipo de medios son los agrosistemas extensivos de secano, que albergan además otras especies amenazadas susceptibles a la electrocución con tendidos eléctricos, como las avutardas. En estos casos se recomienda establecer programas de seguimiento de la incidencia de los tendidos eléctricos sobre la avifauna.

Finalmente, la conservación de las grandes águilas pasa por la corrección de aquellos tendidos eléctricos peligrosos que estén en zonas de abundancia de conejo (Guil et al. 2011). Este tipo de zonas parece coincidir

con los agrosistemas extensivos de secano (Delibes-Mateos et al. 2008), que parecen ser igualmente zonas de concentración de mortalidad de rapaces.

## **Resultados del seguimiento de tendidos del proyecto LIFE07/NAT/E/00742**



# Resultados del seguimiento de tendidos del proyecto LIFE07/NAT/E/00742

## Introducción

Los capítulos previos tienen como intención situar al lector de la presente memoria en el contexto de la importancia de la electrocución en Castilla-La Mancha y la singular afección que éstos provocan sobre la avifauna, especialmente sobre las grandes águilas. Se ha podido comprobar cómo es en Castilla-La Mancha donde se dan las mayores tasas del mundo en electrocución de grandes águilas.

Aunque los trabajos de corrección de tendidos eléctricos han conseguido que esta tendencia haya disminuido, los trabajos más recientes muestran cómo se siguen produciendo tasas muy elevadas (Guil et al. 2011). Por lo tanto es necesario continuar en la tarea emprendida de lograr una red eléctrica cuya afección sobre las aves se minimice. Pero la reducción de estos impactos debe ser adecuadamente controlada, de forma que se puedan detectar las mejores prácticas disponibles y maximizar la eficiencia de los trabajos desarrollados. Por lo tanto, el control y seguimiento de la incidencia de los trabajos efectuados sobre la avifauna debe ser una pieza insoslayable de los proyectos de corrección de tendidos eléctricos.

Pero como se ha podido comprobar en capítulos anteriores, las tasas de mortalidad resultan variables en el tiempo. Estudios previos han demostrado que la mortalidad de aves está condicionada por numerosos factores, como la climatología, la abundancia de presas en una determinada zona (afectada a su vez por la climatología; Calvete et al. 2002), la época del año, etc. (Lehmann et al. 2007). Por lo tanto, el empleo de las variaciones en las tasas de mortalidad de los tendidos corregidos como herramienta única de control de la eficiencia no se puede considerar una herramienta válida y es necesario realizar trabajos más amplios, que incluyan el seguimiento de tendidos no corregidos como control.

Además, es necesario emprender programas de seguimiento que contemplen la evolución de las tasas de mortalidad detectada y la desaparición de cadáveres (Ponce et al. 2011). Los diversos factores que inciden en las posibilidades de detección de la mortalidad hacen que sea necesario desarrollar trabajos de control de dicha mortalidad, para evitar el posible sesgo introducido en la evaluación de las correcciones.

El presente capítulo tiene por objeto resumir los trabajos de seguimiento de tendidos eléctricos realizados en el presente proyecto LIFE+. Este capítulo servirá como base para el capítulo siguiente, donde se ha evaluado la efectividad de las correcciones emprendidas en el proyecto LIFE. Además, se ha buscado conocer la evolución mensual de las tasas de detección de mortalidad. Para ello se ha desarrollado el seguimiento mensual de dos tendidos eléctricos en las zonas donde se ha efectuado un mayor esfuerzo de corrección (Meseta cristalina de Toledo y Campo de Montiel).

## Material y métodos

### Área de estudio

El área de estudio comprende la mayor parte del área de cría y dispersión del águila imperial ibérica y del águila perdicera en Castilla-La Mancha: provincia de Toledo, el centro y sur de la provincia de Ciudad Real y el este y centro de la provincia de Albacete (JCCM, 2003).

Este área se caracteriza en su conjunto por una gran abundancia de presas, en su mayor parte conejo de monte (Blanco y Villafuerte, 1993; Delibes-Mateos *et al.* 2008a) y por una vegetación muy alterada. Tanto la climatología como la litología y la vegetación sufren un gradiente de oeste a este. En el oeste las precipitaciones

más abundantes (615 mm en Almadén y 507 mm en Talavera de la Reina) y las temperaturas más suaves (15,8° en Almadén y 15,1° en Talavera) hacen que el clima sea clasificado como mediterráneo oceánico. Por su parte, en el este, el clima se hace más seco (410 mm en La Roda) y más frío (14,3° en la misma localidad), esto es, mediterráneo continental. Con la litología sucede algo semejante, en el oeste encontramos rocas duras y pobres en nutrientes, como pizarras del Ordovícico y sedimentos miocenos, mientras que en el este encontramos calizas jurásicas y sedimentos pliocenos y del Cuaternario (Vera, 2004). La vegetación se caracteriza en el conjunto del área de estudio por la presencia del encina (*Quercus ilex*), tanto con porte arbóreo como arbustivo. Sobre sustratos ácidos se acompaña de diversos arbustos (*Cistus ladanifer*, *Cistus monspeliensis*) y pastos herbáceos. Sobre sustratos básicos se acompaña de coscoja (*Quercus coccifera*) y esparto (*Stipa tenacissima*), así como con parcelas de cultivos herbáceos. Se puede encontrar una descripción más detallada en JCCM (1991) y en Rivas Martínez et al. (2002).

En este área crían más de 20 especies de rapaces, especialmente diurnas como el buitre negro (*Aegypius monachus*), alimoche (*Neophron pernocterus*), águila imperial ibérica, águila perdicera, águila real, águila culebrera (*Circaetus gallicus*), el águila calzada (*Hieraetus pennatus*), milano negro (*Milvus migrans*), aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*), aguilucho pálido (*Circus cyaneus*), aguilucho cenizo (*Circus pygargus*), ratonero europeo (*Buteo buteo*), azor (*Accipiter gentilis*), gavilán (*Accipiter nissus*), elanio (*Elanus caerulus*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), cernícalo primilla (*Falco naumanni*) y cernícalo vulgar (*Falco tinnunculus*). Las rapaces nocturnas más frecuentes en el área son el búho real (*Bubo bubo*), cárabo (*Strix aluco*), autillo (*Asio otus*), lechuza (*Tyto alba*) y mochuelo (*Athene noctua*). Se puede encontrar información más detallada en Martí y Del Moral (2003). En su conjunto, el área de estudio puede considerarse de gran abundancia de rapaces.

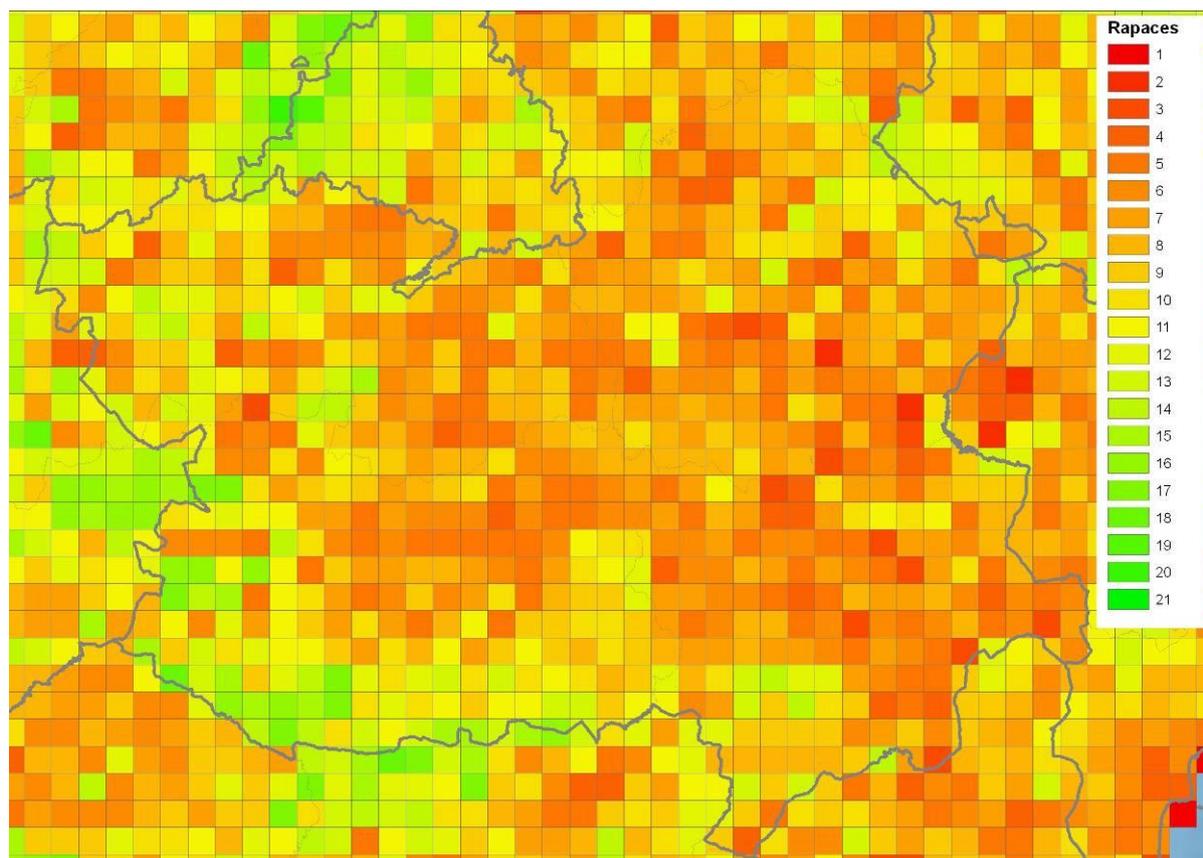


Figura 4.1: rapaces reproductoras en el área de estudio, de acuerdo a la información del IEPNB

## Seguimiento de los tendidos

El seguimiento de los tendidos eléctricos ha buscado caracterizar la reducción de la mortalidad en los tendidos modificados dentro de la acción C.1. a partir de tendidos control, en un diseño experimental de tipo

BACI (befote-after, control-impact). Este tipo de metodología se aplica preferentemente para el análisis de impactos relevantes en un plazo corto, como se supone que son las actuaciones de mitigación de la mortalidad en tendidos eléctricos (Barrientos et al. 2012).

Por lo tanto y por una parte se ha realizado un seguimiento de los tendidos corregidos dentro del LIFE, con dos muestreos a añadir a los ya efectuados en años precedentes (2010 y 2011). Se obtendrá así una estima en la reducción de las tasas de mortalidad una vez se han corregido los tendidos. En la primera ocasión, como en los trabajos anteriores, se retiraron los cadáveres encontrados, anotando la especie, edad aparente y estado de conservación de los restos.

Como control, se han recorrido a pie buena parte de los tendidos eléctricos de distribución (1-66 kV) que se han considerado peligrosos dentro del área de distribución. La selección de los tendidos a recorrer se efectuó por su peligrosidad aparente (Janss y Ferrer, 2001M; Mañosa, 2001), así como por referencias previas a su afección (Guzmán y Castaño, 1998; Guil et al. 2011). Se recorrieron prioritariamente los que aparentaban ser más peligrosos. El recorrido, en casi todos los casos, fue del tendido completo, de acuerdo con Bevanger (1999). Tan sólo no se prospectaron algunos apoyos muy cercanos a poblaciones, puesto que son menos seleccionados (Guzmán y Castaño, 1998). Los tendidos se recorrieron en dos ocasiones. En ambas ocasiones se retiraron los cadáveres encontrados. Para aquellos tendidos que no estaban caracterizados previamente se anotaron las siguientes variables siguiendo a Mañosa (2001), además de las coordenadas UTM:

Elemento	Posibilidades	Descripción
Función del apoyo	Alineación	Apoyos que sujetan los conductores
	Amarre	Apoyos que dan tensión mecánica al conductor y poseen cadenas de amarre
	Especial	Apoyos con una función especial: derivación, transformador, puntos de maniobra, etc.
Cruceta	Plana (montaje 0)	Todas las fases al mismo nivel
	En cruz (montaje 1)	La fase central por encima de las laterales
	Bóveda	Todos los aisladores suspendidos de una estructura en bóveda
	Bóveda de celosía	Bóvedas de mayor anchura que las anteriores
	Tresbolillo	Cada fase a un nivel distinto (en circuito simple o doble)
Nº de aisladores	0	Aislador rígido
	2-9	Número de aisladores, siempre el mínimo de cada cruceta
Fases por encima de la cruceta	0,1 o 3	Número de fases por encima de la cruceta
Apoyo	Metálico	Material del que está hecho el apoyo
	Hormigón	
Cruceta	Metálico	Material del que está hecho la cruceta
	Hormigón	
Prácticas anti-electrocución	Alargaderas	Pletina metálica usada para aumentar la cadena de amarre
	Aislamientos	Instalación de elementos plásticos sobre el conductor

Tabla 1: variables empleadas en la caracterización de tendidos eléctricos

Se considera que las distintas variables que se han anotado por cada apoyo pueden tener significación en la probabilidad de electrocución. La función que desarrolla cada apoyo puede estar relacionada con la mortalidad. De acuerdo a estudios precedentes los apoyos de amarra producen un importante porcentaje de la mortalidad (Guzmán y Castaño, 1998). El modelo de cruceta empleado ha sido constatado como relevante en estudios precedentes (Mañosa, 2001). El número de aisladores se relaciona con la distancia que hay entre la cruceta y el punto de posada. Así, está constatado que los apoyos con aisladores rígidos provocan un elevado porcentaje de la mortalidad (Janss y Ferrer, 2001). De igual manera, el número de fases por encima de la cruceta puede influir en el riesgo de electrocución (Guil et al. 2011). El material con el que se construyen tanto el apoyo como la cruceta puede ser importante en la tasa de mortalidad (Negro y Ferrer, 1995). En el área de estudio todos los apoyos tienen la cruceta derivada a tierra, por lo que como se vio en el capítulo de introducción es relativamente fácil para el ave hacer contacto de forma simultáneamente entre conductor y cruceta.



Figuras 4.2 a 4.7: apoyos de alineación por tipología de cruceta (de arriba abajo y de izquierda a derecha): plana, en cruz, en bóveda, en bóveda de celosía, en tresbolillo y en tresbolillo doble (este último con aislador rígido)

Para comprobar si el seguimiento de los tendidos eléctricos efectuado ha conseguido aprehender la mortalidad existente se ha efectuado un sencillo análisis. Se han comparado las tasas de mortalidad de las más recientes referencias bibliográficas disponibles con los resultados obtenidos en el seguimiento actual, a través del test del signo-rango de Wilcoxon.

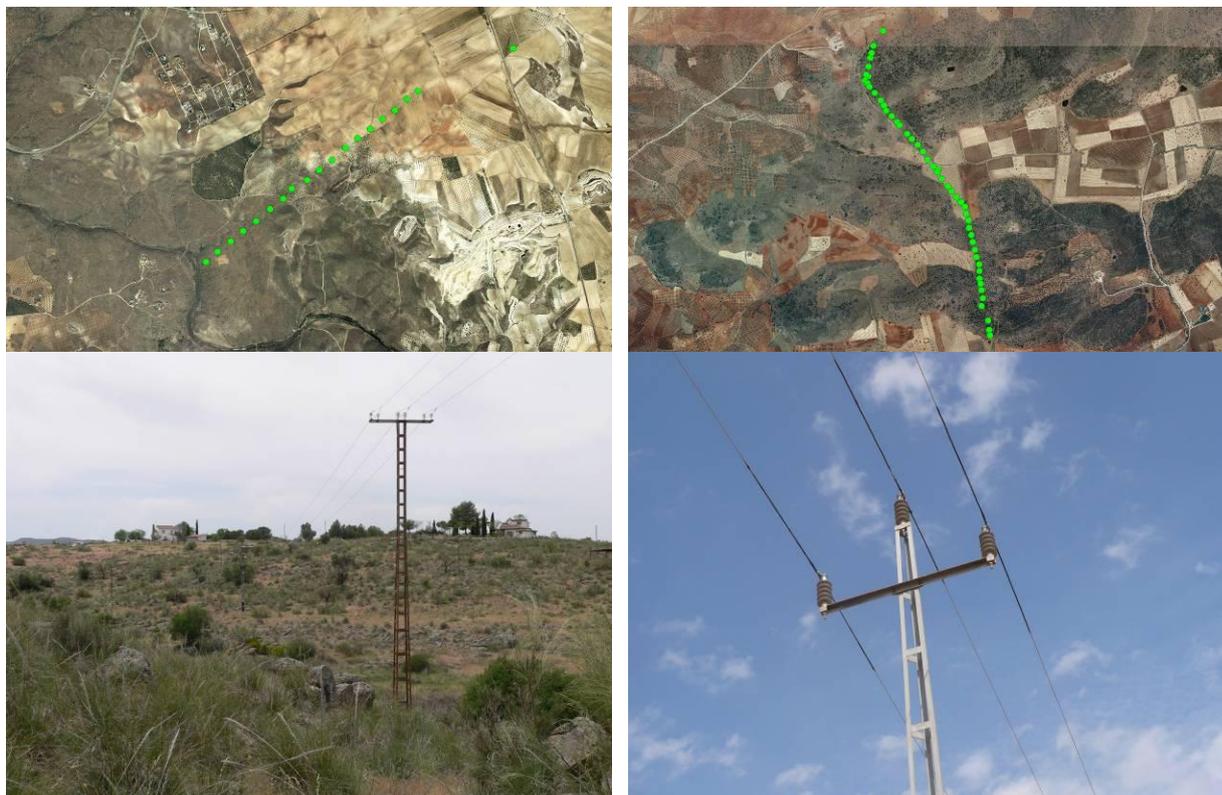
### Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición

Se ha efectuado una revisión mensual de dos tendidos eléctricos con alta mortalidad detectada y en proceso de corrección. Los trabajos de detección de cadáveres para el control de tasas de desaparición se han efectuado desde diciembre de 2012.

El primero de los tendidos supervisados es el de El Palomar (T.M. de Mora; Toledo), con un total de 19 apoyos, fundamentalmente de cruceta plana y con aislador rígido. Discurre por una zona de espartizales con

elevada presencia de conejo y otras presas potenciales para las rapaces. Desde 1997 se tiene constancia de una elevada mortalidad provocada, con más de 40 rapaces acumuladas hasta el momento.

El segundo de los tendidos supervisados es el de La Caminera (T.M. Torrenueva, Ciudad Real), cuya corrección estaba prevista originalmente dentro del LIFE. Consta de 48 apoyos, que se corrigieron dentro del Plan Coordinado de actuaciones, mediante encintado. Este tendido posee un largo historial de mortalidad, conocido desde los años 80 e incluye numerosas rapaces amenazadas.



Figuras 4.8 a 4.11: localización del tendido de El Palomar y el tendido de La Caminera, apoyo típico de El Palomar y de La Caminera

Los tendidos se han recorrido de forma análoga a lo descrito en el apartado anterior. Pero a diferencia de éste, se han dejado los cadáveres y se han individualizado mediante bridas de colores (blancas, negras, marrones y verdes). Los ejemplares sólo se marcan el mes en el que aparecen. Para los ejemplares detectados en cada mes se ha empleado un código de colores y a partir del 5º mes se han empleado dos bridas.

## Análisis de la mortalidad

Para el conjunto de los tendidos, se va a efectuar un análisis de las mortalidades encontradas para las distintas especies. En el caso de los tendidos corregidos se van a reflejar los datos previos de mortalidad conocidos y la mortalidad encontrada a posteriori una vez corregidas las líneas. Además, se muestran los datos previos de mortalidad.

Se van a aportar tasas por especie y por grupos. Para efectuar un análisis más detallado, los datos se van a agrupar por comarcas. En total se han considerado 7 comarcas: 3 en Toledo (Tiétar, Tajo y Montes), una en Ciudad Real (Campo de Calatrava-Mudela), una entre Ciudad Real y Toledo (Mancha), otra entre Ciudad Real y Albacete (Campo de Montiel) y otra en Albacete (Llanos). En estas zonas se van a calcular las tasas de mortalidad y se van a aportar medias para efectuar una primera comparación con los resultados obtenidos en los tendidos corregidos.

## Resultados

### Seguimiento de tendidos modificados

La mortalidad provocada en tendidos modificados en Castilla-La Mancha en el marco del LIFE+ se refleja en la siguiente tabla. Con fondo verde se señala la cuadrícula del año de corrección de cada línea. En negrita y con fondo rojo se señala la mortalidad provocada de forma posterior a la corrección.

Línea	Prov	Nº ap.	Mortalidad					
			Previa	2010	2011	2012	2013	2014
Minas-Picohondoneros	AB	31		3 culebreras		Sin mortalidad	Sin mortalidad	
Cañada La Manga	AB	11	1 imperial (2009)		1 culebrera, 2 búhos		2 imperiales, 1 real, 1 culebrera, 3 búhos, 5 ratoneros	Sin mortalidad
Navalcaballo-Sabinar	AB-CR	98	9 perdiceras, 3 reales, 2 culebreras, 13 ratoneros, 10 búhos, 4 ratoneros, 4 cernicalos	2 perdiceras, 3 reales, 3 culebreras, 2 búhos reales, 2 ratoneros, 2 cernicalos vulgares, 1 garza real	2 imperiales, 1 real, 1 culebrera	1 perdicera, 3 búho	Sin mortalidad	
Guijoso a pozos	AB	22	8 búhos, 14 ratoneros		1 culebrera	1 culebrera, 1 ratonero, 1 corneja	Sin mortalidad	Sin mortalidad
Lobillo	CR	30		3 perdiceras, 1 milano negro, 1 búho, 3 ratoneros	5 culebreras, 3 azores, 2 ratoneros, 1 búho, 1 corneja	<b>1 culebrera</b>	<b>1 buitre leonado</b>	<b>1 culebrera</b>
La Molata-Vianos	AB	2						
Derivaciones de Fresnedas	CR	5		1 real	Sin mortalidad		Sin mortalidad	
Ensanchas-Nave de Arriba	CR	34	1 imperial	1 culebrera	<b>1 imperial</b>	Sin mortalidad	Sin mortalidad	
Garganta-Conquista	CR	30	1 imperial, 1 perdicera, 1 real, 1 búho, 1 ratonero		<b>1 imperial</b>	<b>2 cuervos</b>	Sin mortalidad	<b>1 imperial, 1 buitre negro, 1 buitre leonado</b>
Las Tajoneras-El Jarón	CR	57	2 reales, 1 ratonero	1 perdicera, 8 primillas, 2 cernicalos, 2 ratoneros, 1 búho	Sin mortalidad	1 azor, 1 ratonero y 1 búho	Sin mortalidad	
El Allozo	CR	56	3 ratoneros, 1 palomas	1 imperial, 7 ratoneros, 1 paloma		2 ratoneros, 2 búhos, 3 grajillas, 2 palomas 1 urraca	1 urraca	Sin mortalidad
Cuesta de la Borracha	CR	29	2 imperiales, 2 reales, 1 búho real		1 culebrera	7 cuervos, 1 culebrera, 1 buitre leonado	1 milano real	3 imperiales Sin mortalidad posterior a la corrección
El Robledillo	CR	21						
Navas de la Condesa-Casa de Las Navas	CR	14	2 imperiales, 2 reales, 1 búho real		Sin mortalidad	Sin mortalidad	Sin mortalidad	
La Pedrera-Navarredonda	TO	23	2 imperiales			Sin mortalidad	Sin mortalidad	Sin mortalidad
Alamedilla-Palazuelos	TO	26	1 imperial	1 imperial	Sin mortalidad	6 imperiales, 3 culebreras, 1 azor	Sin mortalidad	Sin mortalidad

Tabla 2: resumen de la mortalidad encontrada en los tendidos eléctricos corregidos en el LIFE+, donde con fondo verde se resalta el año de finalización de las obras de corrección y con fondo rojo la mortalidad encontrada de forma posterior a las mismas

Se observa cómo en los 489 apoyos corregidos sólo hay 10 incidentes detectados, aunque 3 de ellos implican a águilas imperiales ibéricas y otro a un buitre negro. Todas las electrocuciones se han producido en apoyos con cadenas de amarre (8 en apoyos de amarre y 1 en un apoyo especial). Esto representa una tasa de mortalidad de aproximadamente 0,5 aves por cada 100 apoyos, aunque luego se calculará con más detalle.

## Seguimiento de tendidos control

Hasta la fecha de entrega del presente informe, se han seguido 216 tendidos, tanto corregidos como control. Dado que la mayor parte de de ellos se han seguido varias veces se presenta una columna denominada Nº Revs. que indica el número de revisiones efectuado en cada tendido. Para los tendidos que se han revisado en más de una ocasión, la mortalidad que se presenta es la acumulada entre ambas.

Provincia	Comarca	Tendido	Nº ap.	Nº revs.	Esf	Mort. inicial	Mort. 2ª	Mort. 3ª	Mort. 4ª	Mort. 5ª	Mort. 6ª
Albacete	Albacete	AB-045. El Salobral-Pozohondo (sin corregir)	63	3	189	7	1	1			
Albacete	Albacete	AB-047. La Bujía	26	3	78	4			0	0	
Albacete	Albacete	AB-048. El Salobral-Los Llanos-Casas del Abogado	38	3	114	1			0	0	
Albacete	Albacete	AB-050. Linde Los Llanos	19	4	76	17	4		0	0	
Albacete	Albacete	Balazote-Rada de Abajo (ramal modificado)	25	4	100	17	0	15	0		
Albacete	Albacete	Balazote-Rada de Abajo (tramo no modificado)	22	3	66	18	8	4			
Albacete	Albacete	La Bujía-Los Llanos	46	4	184	1	3		0	0	
Albacete	Albacete	Linde de Los Llanos (tramo sin modificar)	41	2	82	1	0				
Albacete	Albacete	Los Paredazos I	30	3	90	17	6	3			
Albacete	Albacete	Los Paredazos II	11	3	33	2	2	0			
Albacete	Albacete	Los Paredazos-La Roda	56	3	168	10	23	4			
Albacete	Albacete	San Pedro-Cañada Juncosa	75	1	75	9					
Albacete	Albacete	Santa Marta-Mojornes	41	1	41	17					
Albacete	Montiel	Cañada de La Manga	10	5	50	0	1	3	12	0	
Albacete	Montiel	Guijoso a pozos (fase 1)	9	4	36	2			0	0	0
Albacete	Montiel	Carrasca-El Bonillo	54	4	216	11	7		0	0	
Albacete	Montiel	Guijoso a pozos 3	38	4	152	7	1		0	0	
Albacete	Montiel	El Jardín-Dehesa de Abajo	17	2	34	0					
Albacete	Montiel	Fuencaliente de Arriba-Picohondoneros	6	1	6	0					
Albacete	Montiel	Guijoso-Salinas de Pinilla	108	3	324	92			0	0	
Albacete	Montiel	Ossa-Sotuélamos	118	1	118	11					
Albacete	Montiel	Sages	28	1	28	4					
Albacete	Montiel	Viñedos Manuel Manzanegue	14	2	28	2	1				
Ciudad Real	Calatrava	Almuradiel-Navas de la Condesa (modif. CBD)	19	5	95	0	0		0	0	0
Ciudad Real	Calatrava	Carrascalillo-Trinidad	28	4	112	8	3		0	0	
Ciudad Real	Calatrava	CR-032. Almuradiel-Repetidor de Telefonía	12	3	36	6	1	1			
Ciudad Real	Calatrava	EDAR-Bazán-Entronque	99	3	297	1			0	0	
Ciudad Real	Calatrava	El Viso-Fresnedas	104	4	416	4	1		1	0	
Ciudad Real	Calatrava	Ensanchas por la vereda	34	4	136	8			0	0	0
Ciudad Real	Calatrava	Los Morrones	3	2	6	1			0		
Ciudad Real	Calatrava	Mudela-Los Valles	23	3	69	2			0	0	
Ciudad Real	Calatrava	Navalconejo	13	3	39	3			0	0	

Ciudad Real	Guadalmaz	Garganta-Pantano de saucedilla	25	4	100	8			1	0	2
Ciudad Real	Guadalmaz	Garganta-Repetidor de telefonía	12	2	24	3			3		
Ciudad Real	Mancha	Finca Las Pachecas (Argamasilla de Alba)	28	2	56	15	9				
Ciudad Real	Montiel	Carboneros	29	2	58	7	0				
Ciudad Real	Montiel	Carboneros-Roblecillo	29	2	58	5	0		0	1	
Ciudad Real	Montiel	La Fuenlabrada	30	1	30	6					
Ciudad Real	Montiel	Las Cañas	40	4	160	1	1	0	2		
Ciudad Real	Montiel	Lobillo-Pedrosillo	46	2	92	23	10				
Ciudad Real	Montiel	Lobillo-Pocoaceite	58	3	174	34	14	4			
Ciudad Real	Mudela	Antenas Cerro Aeropuerto CR.	14	2	28	3	0				
Ciudad Real	Mudela	Calzada de Calatrava-Nuestra Sra. De Zoqueca (Calzada-Granátula de Calatrava)	55	3	165	3	3	0			
Ciudad Real	Mudela	Casa Sancho Rey	54	2	108	6	2				
Ciudad Real	Mudela	Ensanchas-Silo	12	4	48	0	1	0	1		
Ciudad Real	Mudela	Finca Baracas (Corral de Calatrava)	14	2	28	3	0				
Ciudad Real	Mudela	Finca Cañada Real-Finca El Tesoro (Pozuelo de Calatrava)	18	1	18	11					
Ciudad Real	Mudela	Finca Las Navas (Torre de Juan Abad)	51	2	102	1	0				
Ciudad Real	Mudela	Finca Valtravieso (Alcolea de Calatrava)	27	3	81	0	0	1			
Ciudad Real	Mudela	Finca Viñaribera-Miguelturra	9	2	18						
Ciudad Real	Mudela	La Caminera	47	14	658	8	5	12	4	5	13
Ciudad Real	Mudela	Navas de la Condesa-Los Ardosos (Almuradiel-Jaén)	22	2	44	1	0				
Ciudad Real	Mudela	Puente Guadiana (Corral de Calatrava)	4	1	4	2					
Ciudad Real	Mudela	Repetidor-Casas de la Posadilla	22	1	22	2					
Ciudad Real	Mudela	Santuario Nuestra Sra. De los Santos y DV a finca (Ballesteros de Calatrava)	74	1	74	0					
Ciudad Real	Mudela	Viñedo del Pilar-Aldesa (Fernancaballero)	6	2	12	0					
Ciudad Real	Calatrava	Finca La Raña	19	1	19	3					
Cuenca	Mancha	Autovía-Saelices	42	1	42						
Cuenca	Mancha	Casas Viejas	30	1	30						
Cuenca	Mancha	Caseta agua-Ossa de la Vega	13	1	13						
Cuenca	Mancha	Cruce-Pozorrubio-Ermita	43	1	43						
Toledo	Alberche	Alcañizo-Planta embotelladora agua del rosal	33	1	33						
Toledo	Alberche	Cantera-Dehesa del Silo (Villanueva de Bogas)	19	3	57	2	2	2			
Toledo	Alberche	Casillas	44	3	132	9	2		0		
Toledo	Alberche	El Ribero (San Martín de Montalbán)	0	1	0						
Toledo	Alberche	El Verdugal (Ventas San Julián)	128	3	384	19	18	11			
Toledo	Alberche	Finca ... (San Martín de los Montes)	0	1	0						
Toledo	Alberche	Finca Los Prados (San Román de los Montes)	40	3	120	8	7	1			

Toledo	Alberche	Hormigos (varias líneas)	51	2	102		6				
Toledo	Alberche	La Fresneda (Buenaventura)	15	2	30	0	1	1			
Toledo	Alberche	La Fresneda-Molinos Gévalo	0	1	0						
Toledo	Alberche	Matoso de la Hidalga (Calzada de Oropesa)	0	2	0						
Toledo	Alberche	Mejorada-Casa	0	1	0						
Toledo	Alberche	Quinto del río del Moracho (Tietar)	0	1	0						
Toledo	Alberche	Ventas de San Julián-La Pulida	65	4	260	14	6	11	44		
Toledo	Mancha	Ablates (Almonacid)	17	1	17						
Toledo	Mancha	Algodor Bajo-Costilla de Vaca-El Espinar (Almonacid-Toledo)	124	3	372	10	35	4			
Toledo	Mancha	Cabañas de Yepes-Dehesa de Monreal (Cabañas de Yepes-Dosbarrios)	89	3	267	4	11	8			
Toledo	Mancha	Canteras-Virgen de la Oliva (Almonacid) 240	30	3	90	2	5	1			
Toledo	Mancha	Casa de las Asperillas-Casa del Muni (Villatobas)	38	4	152	8	18	4	2		
Toledo	Mancha	Dehesa del Torriquer (Noblejas)	0	1	0						
Toledo	Mancha	El Dorado-Cueva de Plaza (Cabezamesada-Sta Cruz de la Zarza)	81	3	243	7	21	2			
Toledo	Mancha	El Quintillo-Vado Rio Algodor (La Guardia)	9	4	36	4	9	2	4		
Toledo	Mancha	Fte Albeitar-Ablates (Almonacid) 066	63	2	126	10	7	1			
Toledo	Mancha	Fte Albeitar-Ablates DV (Almonacid)	19	1	19						
Toledo	Mancha	Hypor-Cerro Rubio (Villatobas)	0	1	0						
Toledo	Mancha	La Dehesilla-Cas Monte del Alcalde-Corral de Almaguer	0	2	0						
Toledo	Mancha	La Guardia-Dosbarrios-Cuesta El Madero (La Guardia)	5	1	5	4	5				
Toledo	Mancha	Las Herencias	0	2	0						
Toledo	Mancha	Turleque-Finisterre	67	3	201	8	0	0			
Toledo	Mancha	Turleque-Finisterre2	34	3	102	3			0	0	
Toledo	Mancha	Urb. Parque Laguna (Lillo)	0	2	0						
Toledo	Mancha	Urbanización Nuevo Borox	20	3	60	17	17	1	1	1	0
Toledo	Mancha	Villanueva de Bogas-Balsa de Riego	18	2	36	5	0	1			
Toledo	Montes	Alcantarilla	1	5	5	0	2	4	3	1	
Toledo	Montes	Canteras Montesclaros (Montesclaros)	23	3	69	11	4	0			
Toledo	Montes	Castañar-1	14	5	70	1	1	1	0	1	
Toledo	Montes	Castañar-2	13	5	65	0	0	0	0	0	
Toledo	Montes	Castañar-3	13	5	65	0	0	0	0	0	
Toledo	Montes	Castañar-4	48	5	240	2	2	0	2	0	
Toledo	Montes	Castañar-5	13	5	65	0	0	0	0	0	
Toledo	Montes	Castañar-6	8	5	40	0	0	0	0	0	
Toledo	Montes	CM-401-El Tocón	0	1	0						
Toledo	Montes	Derivación a Casa Avellanar	22	1	22	1					

Toledo	Montes	Derivación a casa Cerezo	8	1	8	0					
Toledo	Montes	El Puerco-La Dehesilla	20	1	20						
Toledo	Montes	El Sotillo-Derivación chalet (276)	6	3	18	1	5	3			
Toledo	Montes	El Sotillo-Línea principal (Ventas C.P.A.)	72	2	144						
Toledo	Montes	Finca ? (Ventas C.P.A.)	22	3	66	8	3	3			
Toledo	Montes	Finca El Torcal (Ventas C.P.A.)	12	3	36	1	6	1			
Toledo	Montes	Finca La Estrella	62	1	62	2	1				
Toledo	Montes	Finca La Martina (Ventas C.P.A.)	0	2	0						
Toledo	Montes	Granja perdices (Menasalbas)	0	2	0						
Toledo	Montes	Huerto Solar-Cuerva	0	1	0						
Toledo	Montes	La Alcantarilla	25	6	150	12	7	6	0	0	0
Toledo	Montes	La Charcona-Las Peralosillas	61	2	122	9	0				
Toledo	Montes	La Charcona-Las Peralosillas	14	4	56	7	1		0	0	
Toledo	Montes	La Higuera-Huerto solar (Mazarambroz)	0	3	0						
Toledo	Montes	Las Alberquillas	49	1	49	1					
Toledo	Montes	Layos-Urbanización Las Heras	0	1	0						
Toledo	Montes	Navalagua	50	1	50	0					
Toledo	Montes	Navarredonda	19	4	76	0	2	0	0		
Toledo	Montes	Palacio del Castañar-Tentadero	8	5	40	2	2	0	0	0	0
Toledo	Montes	Pulgar-Cuerva	0	1	0						
Toledo	Montes	Pulgar-Doble Circuito	0	1	0						
Toledo	Montes	Quinto Casalgordo-San Martín	80	3	240	3	6	2			
Toledo	Montes	Raña de Valdeazores	5	1	5	0					
Toledo	Montes	Raña Navahermosa-Chalet	0	2	0						
Toledo	Montes	Robledo del Buey-Navaltoril	0	1	0						
Toledo	Montes	Tunel de los Yébenes	34	5	170	12	10	9	0	0	
Toledo	Montes	Urb. Río Cedena (Los Navalmorales)	0	1	0						
Toledo	Montes	Urda-Las Alberquillas	7	3	21	0	2	1			
Toledo	Montes	Valdeazores-Cigüñuelas	169	1	169	13					
Toledo	Tajo	Alimán-Balsa de Riego (Ajofrín)	4	3	12	3	6	0			
Toledo	Tajo	Azután-Caseta Riegos	19	1	19	1					
Toledo	Tajo	Bañuelos-Borri (15-49)	27	3	81	2			0	0	
Toledo	Tajo	Barcience	26	4	104	5	10	0	0		
Toledo	Tajo	Barcience-Granjas	12	3	36	0	2	1			
Toledo	Tajo	Camino pozo-Polan-Granjas	0	2	0						
Toledo	Tajo	Canal de Castrejón-Alcubillate (La Puebla)	31	3	93	1	4	1			
Toledo	Tajo	Cañada Real (Valmojado)	6	2	12	3	0				
Toledo	Tajo	Cañada-Cascajoso del río	0	1	0						
Toledo	Tajo	Carrascosa-La Pedernada	32	3	96	8			1	2	
Toledo	Tajo	Casa Blanca (La Puebla)	22	3	66	5	8	0			

Toledo	Tajo	Casa de Vacas-Marqués de Griñón (no hay datos previos)	4	2	8					
Toledo	Tajo	Casa de Vacas-Marqués de Griñón	32	3	96	3	0	0		
Toledo	Tajo	Casa Guarda Finca La Ronca (Nombela)	0	1	0					
Toledo	Tajo	Casarrubios del Monte-Arroyo depuradora	0	1	0					
Toledo	Tajo	Castrejón Bajo-Castrejón Alto	45	3	135	3	4	1		
Toledo	Tajo	Chueca	0	2	0					
Toledo	Tajo	Complejo Agropecuaria (Cardiel de los Montes)	12	2	24					
Toledo	Tajo	Cortijo San Isidro (Casar de Escalona)	12	4	48	0	2	0	1	
Toledo	Tajo	Cruce de Noez-Noez	29	1	29					
Toledo	Tajo	Daramazán derivación	0	1	0					
Toledo	Tajo	Dehesa de Traspinedo (El Casar de Escalona)	50	3	150	0	15	3		
Toledo	Tajo	Dehesa Vieja-Polán	27	2	54	1	6	0		
Toledo	Tajo	Destilerías-Valmojado	0	2	0					
Toledo	Tajo	El Quejigar (Alcaudete de la Jara)	0	2	0					
Toledo	Tajo	Finca El Postuero (Pepino)	0	2	0					
Toledo	Tajo	Finca La Zarzuela (La Puebla)	0	1	0					
Toledo	Tajo	Finca Las Bañas (Casar de Escalona)	14	4	56	3	5	0	1	
Toledo	Tajo	Finca Las Tamujas (Malpica de Tajo)	12	4	48	0	4	4	1	
Toledo	Tajo	Finca Viñedos (Villamiel)	0	2	0					
Toledo	Tajo	Gasolinera-Burguillos-Chalet	0	1	0					
Toledo	Tajo	Graveras-Albarreal	1	1	1					
Toledo	Tajo	Graveras-Canal Castrejón	28	3	84	0	4	2		
Toledo	Tajo	Guadamur-Casasbuenas-Mazarambroz	106	3	318	3	14	4		
Toledo	Tajo	Guajaraz-Alamedilla	18	3	54	2	2	2		
Toledo	Tajo	Huerta Valdecarábanos-Caseta Aqualia	19	2	38	9	7	0		
Toledo	Tajo	La Moncloa	55	4	220	31	21		0	0
Toledo	Tajo	La Puebla-Carpio de Tajo	3	3	9	1	1	1		
Toledo	Tajo	Las Becerras-Robledo Hermoso-Las Parrillas (Navalucillos)	89	3	267					
Toledo	Tajo	Las Cuevas-Atalfa-Tacones (020)	182	4	728	19	2		0	0
Toledo	Tajo	Las Morras-Fuente del Caño (047)	49	4	196	4	4		0	0
Toledo	Tajo	Las Morras-Fuente El Caño (apoyo no corregido)	1	4	4	0	0	2	2	
Toledo	Tajo	Layos-La Celada (tramo sin corregir)	20	2	40	2	1	0		
Toledo	Tajo	Los Chortales (Carpio de Tajo)	16	2	32	17	2	0		
Toledo	Tajo	Los perdíos (Galvez, Cuerva)	0	1	0					
Toledo	Tajo	Malpica-Carretera-Naves	6	2	12	10	4	0		

Toledo	Tajo	Minas Guajaraz-Palazuelos	8	4	32	1	0	1	0		
Toledo	Tajo	Montalbanejos-Mochares	74	3	222	5	9	2			
Toledo	Tajo	Noez-Pulgar	15	1	15	0					
Toledo	Tajo	Nombela-Pelahustán	21	3	63	9	9	2			
Toledo	Tajo	Palacio del Sotillo (275)	12	3	36	1	0	1			
Toledo	Tajo	Portusa DV río Tajo (Polán)	0	1	0						
Toledo	Tajo	Portusa-Daramazan-Bañuelos (015)	65	3	195	16			0	0	
Toledo	Tajo	Portusa-Guadamur	31	1	31						
Toledo	Tajo	Portusa-Toledo	43	1	43						
Toledo	Tajo	Portusa-Ventosilla	122	1	122	2	4				
Toledo	Tajo	Presa El Torcón-Menasalbas	42	3	126	1	2	0			
Toledo	Tajo	Puente Canal-Carpio de Tajo	0	1	0						
Toledo	Tajo	Quintanilla-Los Valles	42	4	168	4	1		0	0	
Toledo	Tajo	Quinto del río (Polán)	0	1	0						
Toledo	Tajo	Recas	9	3	27	4	7	3			
Toledo	Tajo	Recas-Castillo	16	3	48	8	17	4			
Toledo	Tajo	Restaurante El Torcón	7	4	28	4	4	2			
Toledo	Tajo	Rotonda Casasbuenas-Pulgar	10	1	10						
Toledo	Tajo	San Martín de Montalbán-Chalet	0	2	0						
Toledo	Tajo	San Martín de Montalbán-Finca El Ribero	0	1	0						
Toledo	Tajo	Santa Catalina (Casasbuenas)	20	3	60	0	0	1			
Toledo	Tajo	Sierrecilla-Madrigal-Casas Piedra del Gallo	71	3	213	27			0	0	
Toledo	Tajo	Subestación Azucaica-Urb Los Olivos	26	2	52	2	9	1			
Toledo	Tajo	Subestación Carpio-La Puebla-Canal Castrejón	140	4	560	8	18	9	9		
Toledo	Tajo	Tacones-Echevarría	29	6	174	4	3	2	0	0	0
Toledo	Tajo	Torcón Bajo-La Puebla de Montalban	36	3	108	4	2	0			
Toledo	Tajo	Totanes-Pozo	7	3	21	3	6	1			
Toledo	Tajo	Urb. Cerro Alberche (Casar de Escalona)	11	4	44	8	2	0	2		
Toledo	Tajo	Urb. Villarta-Escalona	0	1	0						
Toledo	Tajo	Varias derivaciones urbanizaciones (Hormigos)	43	3	129	9	9	6			
Toledo	Tajo	Ventosilla-derivaciones	0	1	0						
Toledo	Tajo	Zarzuela	52	2	104						
Toledo		La Fresneda (Buenaventura)	8	2	16						
Toledo		Layos-La Celada	20	3	60	2	2	2	0	0	0
Toledo		Morras-Fuente el Caño	50	1	50	4					

Se ha efectuado un seguimiento de 16.817 apoyos, que han supuesto la muerte de 1.167 aves, de las cuales son rapaces 1.007 y grandes águilas 113. Las tasas de electrocución detectadas son:

- Tasa de electrocución T1 (aves por cada 100 apoyos): 6,94
- Tasa de electrocución T2 (rapaces por cada 100 apoyos): 5,99
- Tasa de electrocución T3 (grandes águilas por cada 100 apoyos): 0,67

Especie	Ejemplares	Especie	Ejemplares
Águila imperial	39	Águila culebrera	79

Águila perdicera	33	Halcón peregrino	3
Águila real	41	Milano negro	52
Azor	66	Milano real	40
Buitre negro	6	Ratonero	356
B. leonado	68	Aguilucho cenizo	1
Búho real	164	Aguilucho lagunero	1
Águila calzada	3	Alcotán	1
Cárabo	6	Halcón abejero	2
Cernícalo vulgar	20	Mochuelo	1
Cernícalo primilla	4		

Al desagregar la mortalidad por comarcas, tenemos una importante variabilidad. Los datos para cada una de las comarcas consideradas anteriormente son:

Comarca	Apoyos revisados	Cadáveres encontrados	Tasa de electrocución
Alberche (TO)	1.118	164	14,67
Tajo (TO)	5.801	561	9,67
Montes (TO-CR)	2.243	177	8,26
Mancha (TO-CU)	1.910	266	13,93
Guadalmez (CR)	124	17	13,71
Campo de Calatrava (CR)	2.635	130	4,93
Campo de Montiel (CR-AB)	1.564	262	16,75
Llanos de Albacete (AB)	1.397	227	16,25

### Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición

Los trabajos antes mencionados no han incluido los datos siguientes de los 2 tendidos seleccionados para valorar la tasa de electrocución y desaparición de restos. La evolución de la tasa de mortalidad en ambos tendidos ha sido la siguiente:

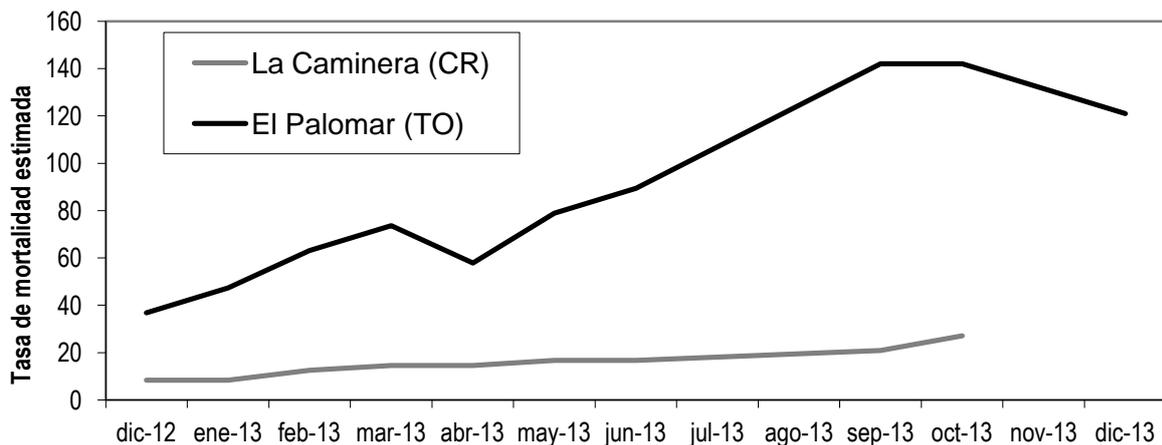


Figura 4.12: evolución mensual de la tasa de mortalidad detectada en cada momento

La mortalidad detectada en cada revisión ha sido la siguiente:

La Caminera (CR)			El Palomar (TO)		
Fecha	Mortalidad	Variaciones	Fecha	Mortalidad	Variaciones
30/11/2012	2 reales, 1 imperial y 1 culebrera	-	27/11/2012	1 ratonero, 1 culebrera, 1 cernicalo, 1 azor, 1 milano real, 2 búhos	-
10/01/2013	2 reales, 1 imperial y 1 culebrera	Sin variaciones	21/01/2013	3 ratonero, 1 culebrera, 1 cernicalo, 1 azor, 1 milano real, 2 búhos	Falta 1 ratonero y nuevos 3 ratoneros
12/02/2013	2 reales, 1 imperial, 1 culebrera, 1 búho y 1 ratonero	Nuevo 1 búho y 1 ratonero	22/02/2013	5 ratonero, 1 culebrera, 1 cernicalo, 2 azor, 1 milano real, 2 búhos	Falta 1 ratonero y nuevos 3 ratoneros y 1 azor
04/03/2013	2 reales, 1 imperial, 1 culebrera, 1 búho y 2 ratonero	Nuevo 1 ratonero,	18/03/2013	6 ratonero, 1 culebrera, 1 cernicalo, 3 azor, 1 milano real, 2 búhos	Nuevo 1 ratonero y 1 azor, no falta nada
10/04/2013	2 reales, 1 imperial, 1 culebrera, 1 búho y 2 ratonero	Sin variaciones	24/04/2013	4 ratonero, 4 azor, 1 milano real, 2 búhos	Nuevo 1 azor, falta 1 cernicalo, 1 culebrera, 2 ratoneros
14/05/2013	3 reales, 1 imperial, 1 culebrera, 1 búho y 2 ratonero	Nuevo 1 águila real	27/05/2013	8 ratonero, 4 azor, 1 milano real, 2 búhos	Nuevo 3 ratoneros, aparece 1 ratonero desaparecido
19/06/2013	3 reales, 1 imperial, 1 culebrera, 1 búho y 2 ratonero	Sin variaciones	01/07/2013	9 ratonero, 4 azor, 1 milano real, 2 búhos, 1 culebrera	Nuevos 2 ratoneros, desaparece 1 ratonero y reaparece 1 culebrera
10/09/2013	3 reales, 1 imperial, 2 culebrera, 1 búho y 3 ratonero	1 culebrera, 1 ratonero	12/08/2013	13 ratonero, 4 azor, 1 milano real, 3 búhos, 1 culebrera, 1 lechuza	Nuevo 4 ratoneros, 1 lechuza, 1 búho
07/11/2013	5 imperiales, 1 perdicera, 3 reales, 2 búhos, 1 culebrera y 1 ratonero	Aparecen 4 imperiales, 1 perdicera, 1 búho, desaparecen 1 culebrera, 3 ratonero	20/09/2013	13 ratonero, 4 azor, 1 milano real, 3 búhos, 1 culebrera, 1 lechuza	Sin variación
			18/12/2013	10 ratoneros, 6 azores, 2 búhos, 1 culebrera, 1 lechuza, 1 perdicera, 2 buitres leonados	1 perdicera, 2 buitres leonados, 1 búho, 3 azores

A partir de los datos anteriores, se puede considerar que la tasa de desaparición se ve ampliamente compensada con la tasa de aparición. Al calcular una tasa de desaparición promedio a los 6 meses y para ambas zonas tendríamos que, sobre un total de 27 cadáveres, desaparecen 5, lo que supondría una tasa de desaparición del 18,5% a los 6 meses.

## Discusión

### Seguimiento de tendidos modificados

El seguimiento de los tendidos modificados permite detectar una importante reducción de la mortalidad. Aunque será en el próximo capítulo donde se analice en detalle la evolución de la mortalidad en los tendidos corregidos y en los tendidos control, la reducción obtenida es más que notable.

Las bajas producidas por los tendidos modificados han ocurrido casi totalmente en amarres. En la imagen siguiente aparece en un apoyo de amarre con cruceta plana y fase central por encima corregido. Para corregirlo se ha bajado la fase central por debajo de la cruceta, se han instalado alargaderas con pletina antiposada y se

han forrado los cables de los puentes flojos, pero no se han aislado las grapas ni un tramo de conductor a partir de los aisladores. Además, se han sustituido los aisladores de vidrio por aisladores poliméricos.

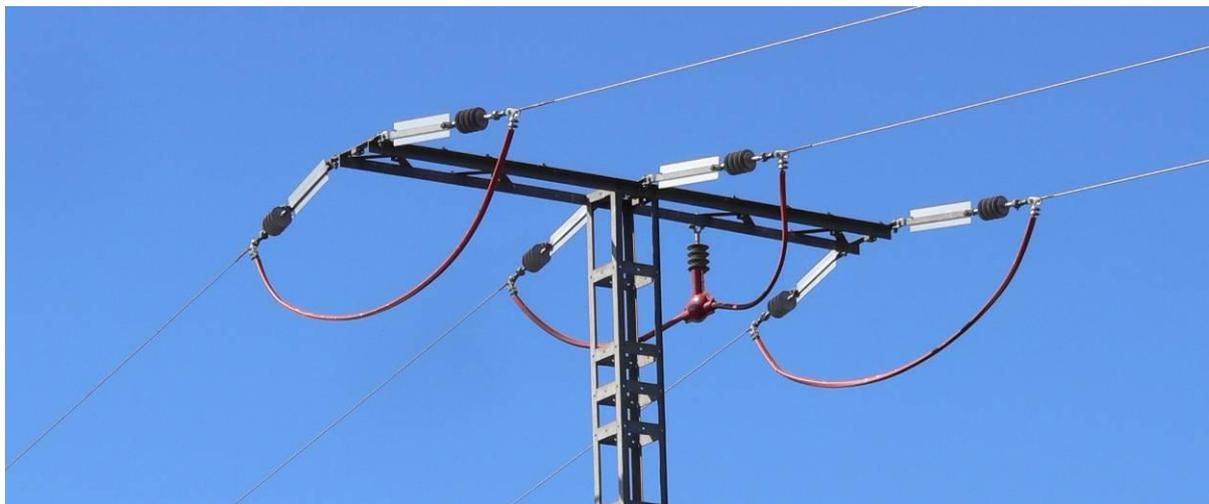


Figura 4.13: amarre corregido en la línea Navalcaballo-Sabinar

Pero el seguimiento efectuado de los tendidos control durante 2012 y 2014 ha revelado que los incluso los aisladores de vidrio, que resultan más complicados para pararse que los poliméricos, sirven de posadero a las grandes aves, como las águilas imperiales ibéricas. Esto permite que, con cierta facilidad, un ave con cierta envergadura pueda hacer contacto de forma simultánea entre los elementos en tensión el conductor y aquellos derivados a tierra (la alargadera o la cruceta). La mayor susceptibilidad a la electrocución de las aves de gran envergadura ya ha sido comprobada con anterioridad (Janss, 2000). En la siguiente imagen se puede observar un pollo de águila imperial ibérica posado en la cadena de aisladores de vidrio de un tendido eléctrico modificado en un área de dispersión juvenil en Toledo. Es de destacar que desde la modificación el apoyo cuenta con un posadero, pero esta es una medida cuya escasa eficacia no hace aconsejable (Negro et al. 1989).



Figura 4.14: pollo de águila imperial ibérica posado en cadena de aisladores en tendido modificado en Toledo

Por lo tanto y como se mencionaba en el capítulo de Introducción, es preciso incorporar los conocimientos adquiridos a la corrección de tendidos eléctricos, en un proceso de gestión adaptativa. Junto a este importante conocimiento tenemos el empleo que, al menos los pollos de águila imperial ibérica, hacen de las alargaderas metálicas sin pletina que se instalan para incrementar la distancia entre cruceta y conductor.



Figura 4.15: pollos de águila imperial ibérica, el de la izquierda posado sobre la alargadera metálica

**Por lo tanto, las alargaderas metálicas sin pletina deben computar, a los efectos del Decreto 5/1999 y del R.D. 1432/2008, como zona de posada.** Esta modificación de la normativa ya se ha propuesto dentro de los pertinentes organismos autonómicos y estatales.

### Seguimiento de tendidos control

El seguimiento de los tendidos que sirven como control ha revelado resultados dentro de lo esperado. Las zonas donde la electrocución parece tener mayor incidencia son las del Tajo en Toledo (Calvo, 1999) y el Campo de Montiel entre Albacete y Ciudad Real (Guzmán y Castaño, 1998; Guil et al. 2011). En estas dos comarcas son especialmente elevadas las tasas de mortalidad de grandes águilas. En cualquier caso, las tasas de mortalidad son bastante inferiores a las encontradas en trabajos precedentes, en línea con lo encontrado como tendencia para España. Así, la diferencia puede deberse a que buena parte de los tendidos más peligrosos ya han sido corregidos y que la peligrosidad de los que quedan es menor.

Como resultado más notable de la composición específica resulta sorprendente el elevado número de azores comunes detectados, que han resultado ser la tercera rapaz más abundante. Las tasas de electrocución de los azores suelen ser reducidas, al tratarse de aves forestales y emplear ocasionalmente los postes como posadero. Resultan igualmente notables los casos del aguilucho cenizo, con tres ejemplares y del aguilucho lagunero o el halcón abejero, con un ejemplar cada uno. El halcón abejero es una especie que no se ha citado como reproductora dentro del área de estudio, por lo que debe tratarse de un ejemplar en paso. Por su parte, los aguiluchos son aves con escasos datos de electrocución, ya que las incidencias con tendidos eléctricos son con por mayor frecuencia por colisión.

Por el contrario, contrastan los bajos datos de las electrocuciones de buitres negros y águilas perdiceras. No se han encontrado ejemplares de buitre negro electrocutados, cuando en otros estudios de la región han aparecido (Guzmán y Castaño, 1998; Guil et al. 2011), aunque nunca han sido especialmente abundantes. De igual forma ha descendido la electrocución de águilas perdiceras, que en otros trabajos ha sido de las especies que ha aparecido con mayor frecuencia (Calvo, 1999). En ambos casos puede tratarse de una mejora de los tendidos eléctricos existentes (como se sugería en el capítulo anterior) o bien de una disminución del número de pollos que emplean estas áreas, ya sea por una menor reproducción debida a la reducción del alimento disponible (Moleón et al. 2009; Margalida y Colomer, 2012) o por cambios en el uso de los espacio por parte de los jóvenes, al cambiar la disponibilidad de presas (Caro et al. 2011) con la gestión del medio (Delibes-Mateos et al. 2008).

## Seguimiento global de tendidos

El seguimiento planteado debe permitir responder a las preguntas de la evolución de la tasa de mortalidad en los tendidos corregidos frente a los tendidos que se emplean como control. Pero se ha observado que los tendidos corregidos siguen presentando mortalidad. Por lo tanto, se debieran incorporar los trabajos de seguimiento de la incidencia de tendidos eléctricos como otra parte más del trabajo habitual de vigilancia en el medio rural.

El seguimiento efectuado de los tendidos hasta el momento ha cubierto la mayor parte de las áreas de dispersión del águila imperial ibérica (Martínez et al. 2010) y del águila perdicera (Cadahía et al. 2005; 2010). Estas áreas también son una zona fundamental para la alimentación de los buitres negros, tanto de la colonia de Cabañeros (Guzmán y Jiménez, 1998) como de otras colonias (JCCM, 2003). Dentro de dichas áreas se han seguido además buena parte de los tendidos eléctricos más peligrosos de los conocidos.

Al comparar las tasas de electrocución encontradas con las obtenidas en trabajos previos se comprueba que sólo existen diferencias en el caso de las grandes águilas. Esto puede deberse a que las líneas corregidas eran las que tenían una mayor tasa de electrocución de grandes rapaces y que se ha conseguido un descenso de la mortalidad. Por otra parte, puede deberse a cambios en la gestión que conlleven cambios en las presas existentes (Delibes-Mateos et al. 2008), lo que provocaría cambios en la presencia de las grandes águilas (Caro et al. 2011). Por lo tanto, el seguimiento de los tendidos eléctricos efectuados dentro de la acción E.4. "Evaluación de la efectividad de la acción C.1" cabe calificarse como de adecuado a los objetivos del proyecto.

## Evaluación de la tasa de electrocución y desaparición

La tasa de desaparición encontrada en el proyecto resulta muy inferior al compararla con la de otros trabajos (Ponce et al. 2010). En primer lugar, puede deberse a un efecto metodológico, al efectuar visitas mensuales (Prosser et al. 2008). En segundo, se podría considerar una menor atracción por las aves de presa (Barrios y Rodríguez, 2004; Santos et al. 2012) frente a las aves de granja (aunque ver Prosser et al. 2008).

En cualquier caso, las áreas donde se ha muestreado se caracterizan por un uso importante de caza menor, lo que condiciona la presencia de carroñeros (Virgós y Travaini, 2005). Pero los tendidos elegidos lo han sido por ser representativos del conjunto del territorio estudiado. Por lo tanto, es de suponer que la tasa de desaparición empleada es adecuada.

Los resultados encontrados en la tasa de desaparición, del 18,5% a los 6 meses, nos permiten considerar la mortalidad encontrada en intervalos de muestreo anuales como muy semejante a la existente. Por lo tanto, se va a poder considerar la mortalidad encontrada entre 2 muestreos como casi análoga a la realmente existente.

## Aplicaciones a la conservación

La electrocución sigue siendo una importante causa de mortalidad para las aves en Castilla-La Mancha, especialmente para las rapaces amenazadas. Aunque se consiguen reducciones en las tasas de electrocución, la mortalidad de las grandes rapaces sigue presente, por lo que es necesario mantener los esfuerzos de seguimiento.

Los planes de gestión de los espacios Natura 2000 con presencia de aves cuya interacción con los tendidos eléctricos suponga una amenaza contrastada debieran incluir en los programas de seguimiento la interacción con tendidos eléctricos. Dado que buena parte de la electrocución tiene lugar en el entorno de los espacios Natura 2000 (Pérez-García et al. 2011), debiera considerarse como una tarea a incorporar a los planes de gestión de dichas áreas.

En cualquier caso y como ya se ha comentado, es importante considerar el esfuerzo realizado como medida de la incidencia de los tendidos en una determinada línea e incluso comarca (Olendorff et al. 1981). Al considerar el esfuerzo y disponer de metodologías claras y comunes a todas las comarcas se puede mejorar en

el conocimiento de la incidencia real de los tendidos eléctricos. De igual forma, es fundamental aportar los datos derivados de dicho seguimiento a las autoridades ambientales competentes, para optimizar la gestión de fondos escasos que es preciso repartir entre necesidades amplias.

En el caso de las correcciones efectuadas, resulta fundamental contar con un adecuado programa de seguimiento para conocer la verdadera incidencia de la electrocución como factor de mortalidad. Es necesario efectuar un esfuerzo de seguimiento sobre los tendidos corregidos y aquellos que cumplen las disposiciones legales vigentes para conocer posibles casos de mortalidad y adecuar la normativa al comportamiento de las aves.

# La evaluación de la efectividad de las correcciones efectuadas en el proyecto LIFE07/NAT/E/00742



# La evaluación de la efectividad de las correcciones efectuadas en el proyecto LIFE07/NAT/E/00742

## Introducción

A lo largo del presente documento se ha hecho evidente que no hay tendidos eléctricos inocuos para las aves (Lehamnn et al. 2007). A pesar de las mejoras en el diseño, a pesar de los dispositivos instalados, los tendidos eléctricos siguen produciendo mortalidad de aves, tanto por electrocución como por colisión (Guil et al. 2011; Barrientos et al. 2012).

Pero a lo largo de este documento se ha comprobado cómo las tasas de electrocución encontradas son inferiores a las existentes previamente (ver p.ej. Guzmán y Castaño, 1998; Calvo et al. 1999). Esto hace pensar en que los trabajos de corrección tienen un efecto favorable sobre las tasas de mortalidad y sobre la dinámica de las especies objetivo (López-López et al. 2011). Por lo tanto es necesario continuar con la tarea de corrección de tendidos eléctricos emprendida, aunque los resultados cada vez sean menos aparentes, al menos en lo que a reducción de la mortalidad se refiere.

Dado que la práctica totalidad de los fondos que se destinan a la corrección de los tendidos eléctricos son fondos públicos (MMA, 2001), es necesario hacer un uso eficiente de los mismos. El uso será eficiente cuando se corrijan adecuadamente (inversión óptima) los tendidos más peligrosos para las aves. En el apartado anterior se comprobó cómo el seguimiento efectuado había permitido detectar áreas con semejante concentración de mortalidad a las máximas conocidas para la región. Y dentro de éstas zonas es donde se han llevado a cabo las correcciones en aquellas líneas con mayores tasas de mortalidad de grandes rapaces. Por lo tanto, la segunda de las premisas estará cumplida. Pero para evaluar la primera premisa (la corrección óptima) es necesario hacer un doble análisis que nos permita conocer tanto si la actuación es eficaz desde el punto de vista de la conservación de las aves como si la inversión efectuada es adecuada y rentable.

Por lo tanto, los objetivos del presente capítulo son encontrar si la actuación ha permitido reducir la mortalidad de las aves, en comparación con tendidos control, poner la reducción de la mortalidad hallada en contexto y conocer si la prevista reducción de mortalidad supone una inversión que haya compensado anualmente y a lo largo del proyecto.

## Material y métodos

### Evaluación de la tasa de mortalidad

A partir de los datos obtenidos en el seguimiento, cuando ha sido posible, se han calculado los siguientes parámetros:

- Mortalidad anual en los tendidos corregidos antes de la corrección
- Mortalidad anual en los tendidos corregidos después de la corrección (en el último de los muestreos)
- Mortalidad anual en los tendidos control antes de la corrección
- Mortalidad anual en los tendidos control después de la corrección (en el último de los muestreos)

Para estandarizar la mortalidad obtenida, en cada una de las líneas se ha corregido la mortalidad por el número de apoyos y por el tiempo transcurrido entre revisiones sucesivas. De esta forma, para cada línea se han obtenido las tasas de mortalidad por cada 100 apoyos y por año.

A fin de analizar la efectividad de las correcciones, para las líneas corregidas dentro del LIFE+ se va a efectuar en primer lugar, una comparación de la evolución de la mortalidad encontrada. Para ello se va a

emplear un test no paramétrico de muestras pareadas, el test del signo-rango de Wilcoxon (Quinn y Keough, 2002). Se han elegido sólo aquellos tendidos con al menos un seguimiento anterior a 2010, previo a las modificaciones y dos seguimientos posteriores a 2010 y posteriores a las modificaciones. Se va a comparar la mortalidad encontrada en el muestreo inicial y en el último de los muestreos.

Posteriormente se van a analizar las evoluciones de la mortalidad en tendidos corregidos y control, para lo que se analizan conjuntamente ambos tipos de tendidos. Se consideran las mortalidades de las distintas revisiones como sucesos independientes, puesto que al menos están separadas por 6 meses (Barrientos et al. 2012). Se sigue el diseño de análisis propuesto por Schwarz (2012) para diseños BACI de una medición (una antes y otra después) con varios sitios. Se va a emplear un modelo mixto para la variable dependiente "mortalidad anual por cada 100 apoyos". En este modelo se van a considerar las siguientes variables explicativas:

- Comarca: actúa como variable aleatoria. Ya se ha comprobado que la mortalidad no está repartida espacialmente de forma aleatoria (Guil et al. 2011)
- Tratamiento: actúa como variable aleatoria, encajada dentro de la comarca.
- Periodo: actúa como factor, con dos niveles: antes y después
- Interacción entre periodo y tratamiento

El modelo general se ha simplificado siguiendo el principio de parsimonia (descrito por Crawley, 2007) hasta alcanzar el modelo mínimo adecuado. Se simplifica de acuerdo a los valores que aporta el Criterio de Información de Akaike (AIC). Para ello se ha empleado el paquete estadístico "nlme" (Pinheiro et al. 2012).

Finalmente, se comparan las efectividades de los distintos tipos de correcciones encontradas. Éstos se pueden resumir en:

- Correcciones del tipo LIFE+ (vid. figura 5.1): apoyos de alineación con cruceta de bóveda, al menos 60 cm entre conductor y cruceta y fase central aislada, apoyos de amarre (y especiales) con alargaderas metálicas con chapa antiposada, únicamente los puentes flojos aislados, sin aislar ni grapas ni otros lugares del conductor
- Correcciones del tipo FEDER (figura 5.2): apoyos de alineación con cruceta de bóveda, al menos 60 cm entre conductor y cruceta y fase central aislada, apoyos de amarre (y especiales) con alargaderas metálicas con chapa antiposada, tanto los puentes flojos como 1 m de conductores antes de la grapa, grapas aisladas
- Correcciones del tipo aislamiento (figura 5.3): apoyos de alineación con cruceta de bóveda, al menos 60 cm entre conductor y cruceta y fase central aislada, apoyos de amarre (y especiales) con cadena de aisladores de vidrio, aunque alguno de los elementos en tensión por encima de la cruceta sólo se aísla



Figuras 5.1. a 5.3: Corrección de tendidos tipo LIFE, tipo FEDER y tipo aislamiento (éste último no es un tendido seguido en el proyecto)

Para efectuar este análisis se emplea la tasa de cambio de la mortalidad encontrada inicialmente ( $C_{inic}$ ) a la encontrada en el último muestreo ( $C_{fin}$ ) a través de la expresión  $C_{fin}/(C_{fin}+C_{inic})$  (Manly et al. 2002). La tasa de cambio de la mortalidad actúa como variable dependiente, mientras que como variables explicativas actúan:

- Tipo de correcciones: factor fijo con 4 niveles, incluyendo los tipos de corrección y el control
- Comarca: actúa como variable fija, con 8 niveles:

- Alberche
- Tajo
- Montes
- Mancha
- Guadalmez
- Campo de Calatrava
- Campo de Montiel
- Llanos de Albacete
- La interacción entre tipo de correcciones y comarca

Todos los análisis estadísticos se han desarrollado en el entorno R.2.15.2 (R Core Team, 2014), con el criterio estándar de probabilidad ( $p < 0,05$ ) y considerando que la unidad muestral es el tendido eléctrico.

## La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos

Se ha efectuado una revisión bibliográfica de los trabajos de reducción de la mortalidad por electrocución, para obtener una información comparada de los resultados de trabajos semejantes en el resto del mundo. Para cada uno de los apartados se detalla la metodología.

### Búsqueda bibliográfica

Se ha efectuado una búsqueda bibliográfica en las principales bases de datos (ISI Web of knowledge; Google Scholar; Global Raptor Information Network; On-Line Annotated Bibliography of Avian Interactions with Utility Structures of the PIER Program y Searchable Ornithological Research Archive), así como a partir de las referencias encontradas en los textos consultados. Además, se han solicitado trabajos a diversos autores y entidades de reconocido prestigio.

### Manejo de datos

Se han seleccionado aquellas referencias que contengan datos que permitan obtener tasas de mortalidad (Bevanger, 1999). Cuando así se indica en el trabajo, además de obtener los mismos parámetros de mortalidad que en el caso de los tendidos seguidos, se han caracterizado las prácticas anti-electrocución empleadas, el tipo de apoyo más abundante en el diseño original y el tiempo transcurrido desde la corrección.

### Análisis

Se va a efectuar un análisis comparativo, a través de estadísticos descriptivos (media y desviación típica). Como apoyo se van a emplear diagramas de barras.

## Valoración de la eficiencia

A partir de los valores otorgados a las diferentes especies por el regional *Decreto 67/2008, de 13-05-2008, por el que se establece la valoración de las especies de fauna silvestre amenazada*, se efectuará una sencilla comparación entre la inversión que ha supuesto la corrección de tendidos eléctricos, que computa como gasto, la mortalidad encontrada en los tendidos corregidos, que igualmente computará como gasto y la mortalidad que se ha dejado de producir, que lo hará como ingreso. Se hará un balance para el conjunto de los 4 años del proyecto.

Dado que para algunos tendidos no se han podido calcular las tasas anuales de mortalidad antes de las correcciones, se van a calcular dichas tasas estimando que la mortalidad existente se ha producido en un plazo máximo de 3 años, plazo en el que la tasa de desaparición calculada en el proyecto permitiría eliminar toda la mortalidad acumulada.

De esta forma, para cada tendido se considera la mortalidad producida para una determinada especie de forma agrupada a lo largo de la existencia del tendido. De esta forma, se divide el número de cadáveres hallados entre el tiempo transcurrido entre la primera y la última revisión, de forma que se obtengan tasas anuales de mortalidad. Se asumirá, al objeto de dar una estimación conservadora, que no hay desaparición de ejemplares por carroñeros.

## Resultados

### Evaluación de la tasa de mortalidad

Al comparar la tasa de mortalidad anual de los apoyos corregidos antes y después de la corrección, encontramos que la diferencia es significativa ( $n=11$ ;  $Z=-2,521$ ;  $p=0,012$ ). De esta forma se pasa de una mortalidad promedio de 9,72 ex/100 apoyos a 0,68, lo que supone una reducción de la mortalidad del 93%.

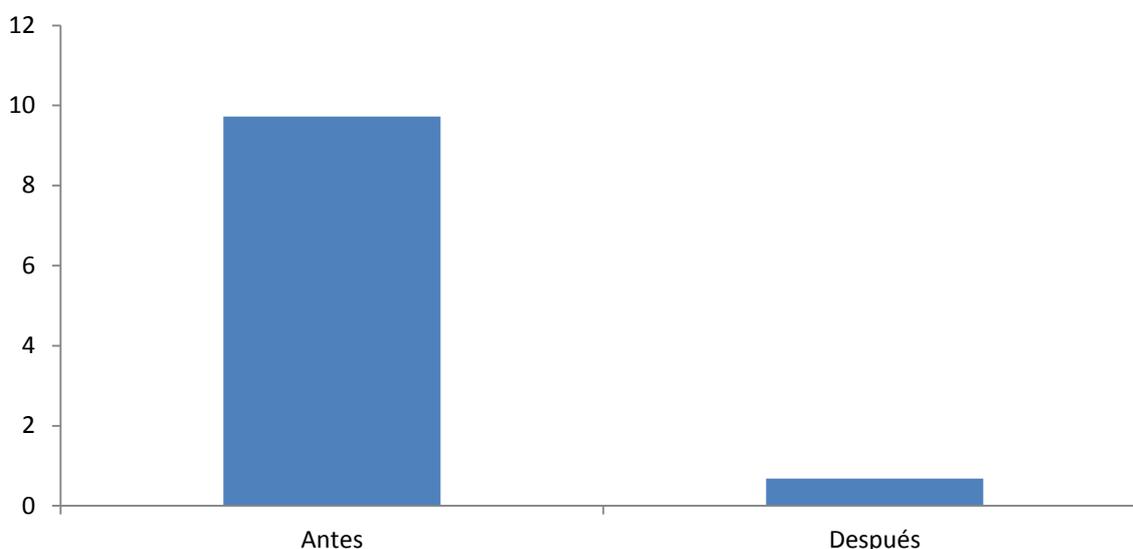


Figura 5.1: comparativa de la tasa de mortalidad anual por cada 100 apoyos para tendidos corregidos antes y después de efectuar la corrección

### Evolución de la mortalidad en tendidos corregidos y control

Al realizar el análisis BACI se han incluido 123 tasas anuales de electrocución, de las cuales 46 corresponden a tendidos con corrección. De estos 46, un total de 13 son de tipo LIFE, 2 de tipo aislamiento y los restantes 31 de tipo FEDER. Los restantes 73 corresponden a tendidos sin corregir. No se puede simplificar el modelo inicialmente obtenido ( $AIC=2274.18$ ). Este modelo incluye las siguientes variables:

Variable	Tipo	d.f.	F-valor	p-valor
Intercept	-	1	83.304	<0.0001
Tratamiento	Factor fijo	2	0.96976	0.3258
Periodo	Factor fijo	1	19.71580	0.003
Interacción entre tratamiento y periodo	Interacción	5	5.58638	0.0189
Zona	Factor aleatorio	-	-	-

Tabla 2: Variables incluidas en el modelo final model, incluyendo el tipo de variable, el nº de grados de libertad y parámetros estadísticos

En el caso de los diseños BACI, la variable que se considera como relevante es la interacción entre tratamiento y periodo. Que sea significativa se interpreta como que hay una variación diferencial de las tasas de mortalidad en función del tratamiento.

### Evaluación de la efectividad de los distintos tipos de correcciones

Con respecto a la tipología de correcciones que afectan a la mortalidad, se obtiene un modelo que se puede simplificar. Para ello se han seguido los siguientes pasos:

Paso	Pasos del modelo	AIC	$\Delta$ AIC	d.f.
0	Modelo inicial	235.723	17.591	103
1	Eliminar el factor de interacción entre zona y tipo de corrección	223.069	4.937	112
2	Eliminar el factor zona	218.132	0	119

Tabla 3: Procedimiento de selección del modelo. El mejor modelo se define por el menor Criterio de Información de Akaike (AIC).  $\Delta$ AIC, es la diferencia en el AIC entre el modelo actual y el modelo mínimo adecuado; d.f., grados de libertad de los residuos

Una vez simplificado el modelo, encontramos que la única variable que queda como tal es el tratamiento. Este modelo nos permite explicar un 24,95% de la variabilidad encontrada.

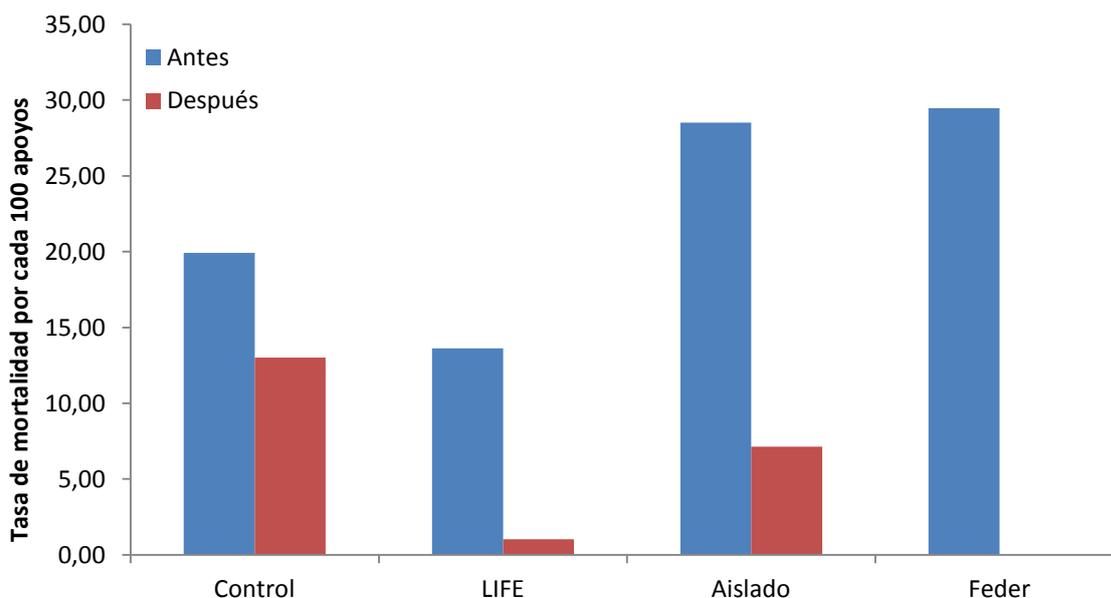
Variable	Tipo	d.f.	F-valor	p-valor
Intercept	-	1	-	0.141
Tratamiento	Factor fijo	3	13.92	<0.0001

Tabla 4: Variables incluidas en el modelo final, incluyendo el tipo de variable, el nº de grados de libertad (d.f.) y parámetros estadísticos

### La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos

La bibliografía al respecto de la evaluación de la eficiencia de las correcciones de tendidos eléctricos para la protección de las aves es relativamente escasa. Se han podido localizar 4 trabajos que incluyen tanto zonas de actuación como de control y evolución antes y después de los tratamientos (Negro et al. 1987; Dwyer et al. 2007; Tintó et al. 2010; Kaluga et al. 2011). En estos trabajos se observa una disminución promedio de la mortalidad en un 74,15% (como media directa de todos los estudios), mientras que en los tendidos control el descenso es del 35,74%. De esta forma se pasa de una tasa promedio de 61,48 ex/100 apoyos a 1,64.

Al analizar el conjunto de las tasas de mortalidad se comprueba cómo las correcciones efectuadas con la metodología LIFE+ han supuesto una enorme mejoría, muy superior a la obtenida en otras metodologías, como el aislamiento.



En otros 3 trabajos que no tienen control se observa una reducción promedio de la mortalidad del 85% (Monleón et al. 2007; Junta de Extremadura, 2009a; Lehmann et al. 2010; Abellán et al. 2011). En estos trabajos se pasa de 21,37 ex/100 apoyos a 0,99.

Al analizar todos los trabajos disponibles de forma conjunta y por tipo de solución aplicada se obtiene que las mayores reducciones se dan en las correcciones de tipo estructural (del 100%; Junta de Extremadura. 2009; Tintó et al. 2010; Abellán et al. 2011; Kaluga et al. 2011). Los aislamientos son la solución más frecuentemente empleada, aunque presenta peores resultados que la corrección estructural, con una disminución media de la tasa de electrocución del 81%. El único estudio al respecto de los disuadores (Negro et al. 1987) indican una baja efectividad (reducción de la mortalidad del 15%).

## Valoración de la eficiencia

La tasa de mortalidad mínima (sin considerar factores de corrección) previa a la corrección de los tendidos corregidos dentro del proyecto LIFE+ se puede considerar la siguiente:

- Minas-Pichondones
  - 1 águila culebrera/ año
- El Salobral-Pozohondo
  - 1,17 águilas perdiceras/ año
  - 1 águila imperial/año
  - 0,5 águilas reales/ año
  - 0,17 águilas culebreras/ año
- Navalcaballo-Sabinar
  - 1,38 águilas perdiceras/ año
  - 0,54 águilas imperiales/ año
  - 0,22 águilas reales/año
  - 1,20 águilas culebreras/ año
- Guijoso a pozos
  - 0,28 águilas culebreras/año
- Cañada de La Manga
  - 0,2 águilas imperiales/ año
  - 0,2 águilas culebreras/ año
- Lobillo
  - 0,6 águilas perdiceras/ año
  - 1 águila culebrera/año
- Derivaciones de Fresnedas
  - 0,33 águilas reales/año
- Ensanchas-Nave de Arriba
  - 0,66 águilas imperiales/año
  - 0,33 águilas culebreras/año
- Garganta-Conquista
  - 0,20 águilas perdiceras/ año
  - 0,20 águilas imperiales/ año
  - 0,20 águilas reales/año
  - 0,20 águilas culebreras/ año
- Las Tajoneras-El Jarón
  - 0,20 águilas perdiceras/ año
- La Pedrera-Navarredonda
  - 0,71 águilas imperiales/ año

Lo que supone, en total, que al corregir los tendidos se evitarán las muertes de:

- 3,48 águilas imperiales/ año (descontando los 0,33 imperiales/año muertas en el tendido La Garganta-Conquista)
- 3,55 águilas perdiceras/ año
- 1,38 águilas reales/año
- 3,88 águilas culebreras/ año (descontando los 0,5 águilas culebreras/año muertas en el tendido El Lobillo)

De acuerdo con el Decreto 67/2008, de 13-05-2008, por el que se establece la valoración de las especies de fauna silvestre amenazada, las cantidades que se pueden considerar

Especie	Valor unitario	Cantidad anual	Estima económica anual (€)
Águila imperial	60.000	3,48	208.800,00
Águila perdicera	60.000	3,55	213.000,00
Águila real	18.000	1,38	24.840,00
Águila culebrera	12.000	3,88	46.560,00
<b>Total</b>			<b>493.200,00</b>

Es decir, en una valoración simplista (sólo se consideran parte de las especies electrocutadas y sin considerar las tasas de desaparición) encontramos que las correcciones efectuadas tienen un valor positivo de 493.200 € por año.

## Discusión

### Evaluación de la tasa de mortalidad

A lo largo del presente documento se han analizado los trabajos destinados a minimizar la electrocución en Castilla-La Mancha que se han desarrollado en el marco del presente proyecto LIFE+. Y cabe decir que los resultados obtenidos han sido muy favorables, con reducción de la tasa de mortalidad próxima al 95%. La tasa de mortalidad obtenida es muy superior a la de otros estudios.

Los análisis efectuados muestran que, efectivamente, hay una reducción significativa de la tasa de mortalidad, como ocurre en otros trabajos de correcciones estructurales (p.ej. Tintó et al. 2010). Estas variaciones en las tasas de mortalidad son además diferentes de las de los tendidos que actúan como control. Finalmente, el único factor que permite explicar las reducciones en las tasas de mortalidad es el tipo de corrección, en el que sólo se puede distinguir entre tendidos control y corregidos. Además, los análisis muestran cómo la existencia o no de corrección distingue las tasas de mortalidad de los tendidos eléctricos de la zona (factor éste que también incide en las tasas de mortalidad, como se ha comprobado en el capítulo anterior).

Éstos resultados nos permiten afirmar que las correcciones efectuadas son adecuadas técnicamente, aunque se podrían hacer matices. En el capítulo anterior ya se comentó cómo había algunos aspectos de las mismas que resultaban mejorables, como puede ser el aislamiento de las grapas de amarre y 1 m del conductor. mediante kits específicos.



Figura 5.2: kit de aislamiento propuesto en grapas de amarre

### La disminución de la mortalidad por corrección de tendidos eléctricos

La disminución de la mortalidad obtenida en el presente trabajo se puede considerar como comparable a los mejores resultados hasta la fecha, las que presentan otras modificaciones estructurales (Junta de Extremadura. 2009; Tintó et al. 2010; Abellán et al. 2011; Kaluga et al. 2011). A diferencia de los resultados expuestos en éstos trabajos, las correcciones aquí efectuadas son más completas, ya que suponen no sólo eliminar las fases por encima de la cruceta y efectuar el aislamiento de los puentes flojos, sino además incrementar la distancia entre cruceta y amarre mediante elementos que no sirven de posadero.

Las diferencias con los resultados obtenidos en estos trabajos se considera que se puede deber a tres factores: incremento del número de especies de gran envergadura que hacen uso de los postes como posaderos (p.ej. con Kaluga et al. 2011), un mayor tamaño muestral con respecto a los trabajos mencionados (en todos los casos) y a mayores tasas de mortalidad previas (en todos los casos salvo en Kaluga et al. 2011).

Hay una reducción muy importante de mortalidad con respecto a los trabajos en donde sólo se efectúan modificaciones mediante aislamiento (Dwyer y Mannan, 2007; aunque ver Monleón et al. 2007). Por lo tanto se considera como más adecuada la realización de las correcciones de los tendidos eléctricos mediante modificaciones estructurales (Tintó et al. 2010). Además, ya se ha comentado cómo con el paso del tiempo las correcciones efectuadas mediante aislamiento pierden su efectividad (Guil et al. 2011).

Por lo tanto, cabe calificar las correcciones efectuadas como técnicamente adecuadas y con resultados comparables a los mejores datos disponibles.

### Valoración de la eficiencia

La cifra de ahorro obtenida en base a las valoraciones del *Decreto 67/2008, de 13-05-2008, por el que se establece la valoración de las especies de fauna silvestre amenazada*, los 493.200,00 €, son una cantidad muy inferior (38%) al monto que supone la inversión en correcciones de tendidos eléctricos efectuada en el LIFE+, de 750.000 € en 4 años en la propuesta original (187.500,00 €). Además, sólo se comparan los años en los que el proyecto LIFE+ hace inversión, pero la efectividad de las modificaciones estructurales no queda condicionada por el pasto tiempo (Guil et al. 2011).

Aunque la valoración de especies protegidas sea un concepto discutible (Chinchilla, 2011; Loomis, 2012), se considera adecuado tenerla en consideración, dado que en Castilla-La Mancha hay normativa al respecto. Por lo tanto, a la hora de efectuar una valoración de las especies afectadas es preciso recurrir a dicha normativa.

Por lo tanto, las correcciones de tendidos eléctricos efectuadas en el marco del proyecto LIFE+ resultan no sólo eficaces (se minimiza la mortalidad de las especies objetivo en grado comparable al resto de estudios semejantes), sino eficientes, puesto que suponen un desembolso muy inferior al el que supondría compensar la mortalidad de las aves amenazadas.

### Aplicaciones a la conservación

La corrección de tendidos eléctricos efectuada en el marco del proyecto LIFE+ se ha mostrad como una práctica eficiente, aunque con algunos aspectos técnicamente mejorables, que podrían hacer llegar la mortalidad remanente en los apoyos corregidos a 0. Por lo tanto, es necesario desarrollar planes de corrección de tendidos eléctricos en el resto de áreas problemáticas de Castilla-La Mancha, de forma que el proyecto LIFE+ sea un punto de partida hacia la solución definitiva del problema de la electrocución.



## Conclusiones



## Conclusiones

Las principales conclusiones del presente trabajo son:

1. La electrocución es un fenómeno global que amenaza a un importante número de grandes aves, aunque resulta especialmente acuciante en Europa y Asia
2. Castilla-La Mancha es una de las regiones de Europa donde más elevadas tasas de electrocución se dan, pero estas tasas son mucho más preocupantes al referirse a grandes águilas, generalmente amenazadas
3. El empleo de distintas fuentes permite ratificar la importante incidencia de los tendidos eléctricos castellano-manchegos en la conservación de aves amenazadas, especialmente de águila imperial ibérica y águila perdicera
4. El seguimiento del presente proyecto es uno de los más intensos realizados hasta el momento, con un seguimiento de 16.817 apoyos repartidos en 216 tendidos, que han supuesto la muerte de 1.167 aves, de las cuales son rapaces 1.007 y grandes águilas 113 (39 águilas imperiales y 33 perdiceras)
5. Los tendidos corregidos en el marco del proyecto LIFE+ han sido sometidos a un seguimiento especialmente intenso, lo que ha permitido comprobar con totales garantías la efectividad de las correcciones emprendidas
6. La evaluación de la reducción de la mortalidad de los tendidos corregidos en el proyecto es la más intensa efectuada hasta el momento, lo que ha permitido obtener 123 tendidos que se han revisado al menos 3 veces y siempre una de ellas anterior a la corrección y dos posteriores, lo que garantiza la solidez de las conclusiones
7. La reducción media de la mortalidad en los tendidos corregidos dentro del LIFE+ es próxima al 95%, muy superior a la práctica totalidad de los trabajos conocidos hasta el momento
8. No obstante, las correcciones efectuadas no son completamente seguras para aves de gran envergadura, entre las que se cuentan 2 águilas imperiales, 1 buitre negro, 2 águilas culebreras, 2 buitres leonados y 2 cuervos, que se han producido casi por completo en apoyos con cadenas de amarre
9. La inclusión de fundas en las grapas de amarre y protecciones de 1 m del conductor, como se hace en las correcciones de tipo FEDER, podría haber minimizado la mortalidad
10. El seguimiento efectuado permite hacer recomendaciones para la modificación de la normativa regional en materia de tendidos eléctricos y avifauna (Decreto 5/1999), entre las que la principal es la consideración de las alargaderas metálicas simples (sin chapa antiposada) como zona de posada a los efectos de distancias de aislamiento



## Bibliografía



## Bibliografía

- Agrupación Naturalista Esparvel. 1993. La electrocución de rapaces en la provincia de Toledo. *Quercus*, 81: 24-29
- Alonso, J.C.; Alonso, J.A.; Muñoz-Pulido, R. 1994. Mitigation of bird collisions with transmission lines through groundwire marking. *Biological Conservation*, 67:129-134
- Alvarado, S.; Roa, M. 2010. Electrocutación de Águilas moras *Geranoaetus melanoleucus* por tendido eléctrico en Calera de Tango, Chile. *Spizaetus*, 9: 12-15
- Amartuvshin, P.; Gombobaatar, S. 2012. The assessment of high risk utility lines and conservation of globally threatened pole-nesting steppe raptors in Mongolia. *Ornis Mongolica* 1: 2-12
- Angelov, I.; Hashim, I.; Oppel, S. 2013. Persistent electrocution mortality of Egyptian Vultures *Neophron percnopterus* over 28 years in East Africa. *Bird Conservation International* 23:1-6
- Asociación Landazuria-CODA. 1994. Tendidos eléctricos en Navarra: afecciones sobre la avifauna. Pp. 36-46. En CODA (Ed.). El impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna. CODA, Madrid
- Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). 2006. Suggested Practices for Avian Protection on Power Lines: The State of the Art in 2006. Edison Electric Institute, APLIC, and the California Energy Commission. Washington, D.C and Sacramento, CA
- Baquadano, R.; Peris, S.J. 2003. Accidentalidad invernal del Busardo Ratonero (*B. buteo*) en tendidos eléctricos en la Península Ibérica. *Munibe*, 54: 113-120.
- Barrientos, R.; Alonso, J.C.; Ponce, C.; Palacín, C. 2011. Meta-analysis of the effectiveness of marked wire in reducing avian collisions with power lines. *Conservation Biology*, 25(5): 893-903
- Barrientos, R.; Ponce, C.; Palacín, C.; Martín, C.A.; Martín, P.; Alonso, J.C. 2012. Wire marking results in a small but significant reduction in avian mortality at power lines: a BACI designed study. PLoS ONE 7(3): e32569
- Barrios, L.; Rodríguez, A. 2004. Behavioural and environmental correlates of soaring bird mortality at on-shore wind turbines. *Journal of Applied Ecology* 41, 72-81.
- Bautista, J.; Calvo, R.; Otero, M.; Martín, J.; Gil, J.M. 1999. Águilas perdiceras mueren en los tendidos del suroeste de Granada mientras se dispersan. *Quercus*, 165: 49
- Bayle, P. 1993. Preventing birds of prey problems at transmission lines in western Europe. *Journal of Raptor Research* 33(1):43-48
- Bevanger, K., 1998. Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: a review. *Biological Conservation*, 86, 67-76.
- Bevanger, K. 1999. Estimating bird mortality caused by collision with power lines and electrocution; a review of methodology. Pp. 29-56. In Ferrer, M.; Janss, G.F.E. (Eds.) *Birds and power lines. Collision, electrocution and breeding*. Quercus Editores. Madrid.
- Bevanger, K. 2011. Power lines and birds. A summary of general and grid-specific issues. NINA Report 674. NINA. Oslo
- BirdLife International. 2004. *Birds in the European Union: a status assessment*. BirdLife International. Wageningen, The Netherlands
- BioResource Consultants. 2008. Identifying electric distribution poles for priority retrofitting to reduce bird mortality. California Energy Commission, PIER-Energy-Related Environmental Research Program, Sacramento
- Bosch, F.; Catchot, S.; Escaño, A. 1997. Incidència de les esteses elèctriques a l'avifauna de Menorca. *Anuari Ornitológic de Balears*, 12: 29-34
- Brown, C.J.; Lawson, J.L. 1989. Birds and electricity transmission lines in South West Africa/Namibia. *Madoqua*, 16(1): 59-67

- Cadahía, L.; Urios, V.; Negro, J.J. 2005. L. Cadahía, V. Urios & J. J. Negro Survival and movements of satellite-tracked Bonelli's Eagles *Hieraetus fasciatus* during their first winter. *Ibis*, 147: 415–419
- Cadahía, L.; López-López, P.; Urios, V.; Negro, J.J. 2010. Satellite telemetry reveals individual variation in juvenile Bonelli's eagle dispersal areas. *European Journal of Wildlife Research*, 56: 923-930
- Cadenas, R.; Máñez, M. 1988. Tendidos eléctricos: actuaciones para minimizar el impacto ambiental sobre la avifauna. *Vida Silvestre*, 63: 59-64
- Calderón, M. 2012. Tendidos y alambradas cercan a las avutardas en La Serena. *Quercus*, 314: 61-62
- Calvete, C., R. Estrada, R. Villafuerte, J. J. Osácar and J. Lucientes. 2002. Epidemiology of viral haemorrhagic disease and myxomatosis in a free-living population of wild rabbits. *Veterinary Record* 150: 776-782.
- Calvo, J.A. 1999. En seis años murieron más de 800 rapaces electrocutadas en Toledo. *Quercus*, 157: 54-55
- Caro, J.; Ontiveros, D.; Pizarro, M.; Pleguezuelos, J. 2011. Habitat features of settlement areas used by floaters of Bonelli's and Golden Eagles. *Bird Conservation International*, 21:59–71
- Cartron, J.-L.; Garber, G.L.; Finley, C.; Rustay, C.; Kellermueller, R.; Day, M.P.; Manzano-Fischer, P.; Stoleson, S.H. 2000. Power pole casualties among raptors and ravens in northwestern Chihuahua, Mexico. *Western Birds* 31: 255-257
- Cartron, J.-L.; Harness, R.E.; Rogers, R.G.; Manzano-Fischer, P. 2005. Impact of concrete power poles on raptors and ravens in Northwestern Chihuahua, Mexico. Pp. 357-369. In Cartron, J.-L., Ceballos, G. and Felger, R.E. *Biodiversity, Ecosystems, and Conservation in Northern Mexico*. Oxford University Press
- Castaño, J.P. 2005. *El Águila Imperial Ibérica en Castilla La Mancha*. J.P. Castaño Ed. Toledo
- Castillejos, E. 1999. No cesa la electrocución de aves en el Parque Regional del Sureste. *Quercus*, 165:50
- Cepeda, J.M.; Migens, E.; Ferrer, M. 1990. Reducción de la mortalidad por electrocución del Águila Imperial Iberica. Agencia de Medio Ambiente - Compañía Sevillana de Electricidad. Sevilla. In Ferrer, M. y Negro, J.J. 1992. Tendidos eléctricos y conservación de aves en España. *Ardeola*, 39(2): 23-27
- Cerezo, E. 2007. Problemática de la electrocución y colisión de avifauna protegida en líneas eléctricas aéreas de la Región de Murcia. I Curso sobre líneas eléctricas aéreas y normativa electrotécnica para la protección de la avifauna. Región de Murcia
- Cerezo, E.; Aledo, E.; Manso, A. 2010. *Patrimonio natural y líneas eléctricas en la Región de Murcia*. Dirección General de Patrimonio Natural y Biodiversidad, Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia. Murcia
- Chinchilla, A. 2011. La valoración de especies de fauna protegida: aplicación del Método de Valoración Contingente. *Revista Montes*, 104: 20-27
- Coues, E. 1876. The destruction of birds by telegraph wire. *The American Naturalist*, 10(12): 734-736
- Crivelli, A.J.; Jerrentrupp, H.; Mitchev, T. 1988. Electric power lines: a cause of mortality in *Pelecanus crispus* Bruch, a world endangered bird species, in Porto-Lago, Greece. *Colonial Waterbirds*, 11(2): 301-305
- Cuadrado, M., Díez, F., López, V., Peris, S. 1996. Aves y tendidos eléctricos en el área de Madrigal-Peñaranda, centro-oeste de España. En Fernández y Sanz-Zuasti (Eds.): *Conservación de las aves esteparias y su hábitat*: 63-67. Junta de Castilla y León. Valladolid
- Demerdzhiev, D.A., Stoychev, S.A., Petrov, Z., Angelov, I.D., Nedyalvov, N.P. 2009. Impact of power lines on bird mortality in Southern Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* 61 (2): 177-185
- Del Moral, J.C. 2006. El águila perdicera en España. Población reproductora en 2005 y método de censo. Madrid: SEO/Birdlife
- Del Moral, J.C. 2009. El águila real en España. Población reproductora en 2008 y método de censo. Madrid: SEO/Birdlife
- Delibes-Mateos, M.; Ferreras, P.; Villafuerte, R. 2008. Rabbit populations and game management: the situation after 15 years of rabbit haemorrhagic disease in central-southern Spain. *Biodiversity and Conservation*, 17: 559-574.
- Dixon, A. 2011. The problem of raptor electrocution at electricity distribution lines. *Falco*, 37: 10-13
- Dwyer, J.F., Mannan, R.W. 2007. Preventing raptor electrocutions in an urban environment. *Journal of Raptor Research*, 41(4): 259–267

- Fernández, C., Azkona, P. 2002. Tendidos eléctricos y medio ambiente en Navarra. Gobierno de Navarra, Pamplona
- Fernández, J.M. 1988. Relationship between mortality in electric power lines and avian abundance in a locality of León (NW of Spain). *Ardeola* 45: 63-67
- Ferrer, M. 2012. *Aves y líneas eléctricas. Del conflicto a la solución*. ENDESA-Fundación Migres. Sevilla.
- Ferrer, M.; De la Riva, M.; Castroviejo, J. 1992. Electrocution of raptors on power lines in Southwestern Spain. *Journal of Field Ornithology* 62(2): 181-190
- Ferrer, M.; Hiraldo, F. 1992. Man-induced sex-biased mortality in the Spanish imperial eagle. *Biological Conservation*, 60(1): 57-60
- Ferrer, M.; Negro, J.J. 1992. Tendidos eléctricos y conservación de aves en España. *Ardeola* 39(2): 23-27
- Frías, O.; Serradilla, A.I.; Escudero, E. 2009. Informe de actividades de la Central de Anillamiento de Aves "ICONA": año 2007. *Ecología*, 22:137-229
- Gangoso, L.; Palacios, C.J. 2002. Endangered Egyptian Vulture (*Neophron percnopterus*) entangled in a power line ground-wire stabilizer. *Journal of Raptor Research*, 36: 238- 239
- García, D.; Coello, V. 2012. Hallan casi 300 aves muertas en los tendidos de La Moraña. *Quercus*, 316: 58-59
- García del Rey, E.; Rodríguez-Lorenzo, J.A. 2012. Avian mortality due to power lines in the Canary Islands with special reference to the steppe-land birds. *Journal of Natural History*, 45(35-36): 2159-2169
- Garrido, J.R. 2003. Plan de actuación para la aplicación de medidas correctoras en tendidos eléctricos de baja y media tensión para la avifauna. Huelva. Tragsa
- Garrido, R., Fernández-Cruz, M. 2003. Efectos de los tendidos eléctricos sobre una población de Cigüeña Blanca *Ciconia ciconia* en la España central. *Ardeola* 50(2): 191-200
- Garzón, J. 1977. Birds of Prey in Spain, the present situation. In R. D. Chancellor (Ed.). Proceedings of a World Conference on Birds of Prey. Pp. 159-170. International Council for Bird Preservation. Vienna
- Gerdzhikov, G.P.; Demerdzhiev, D.A. 2009. Data on bird mortality in "Sakar" IBA (BG021), caused by hazardous power lines. *Ecologia Balkanica*, 1: 67-77
- Gobierno de Aragón. 2010. Corrección de tendidos eléctricos con riesgo para la avifauna en las comarcas de Aragón. Departamento de Medio Ambiente, Gobierno de Aragón. Zaragoza. Disponible en [http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/06/docs/%C3%81reas/Biodiversidad/Publicaciones/CORRECCION\\_TENDIDOS\\_ELECTRICOS\\_RIESGO\\_AVIFAUNA\\_COMARCAS\\_ARAG\\_REEDICION\\_2010.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/ImportFiles/06/docs/%C3%81reas/Biodiversidad/Publicaciones/CORRECCION_TENDIDOS_ELECTRICOS_RIESGO_AVIFAUNA_COMARCAS_ARAG_REEDICION_2010.pdf)
- González, L.M. 1991. *Historia natural del águila imperial ibérica (Aquila adalberti Brehm, 1861)*. ICONA. Madrid
- Gonzalez, L.M., Margalida, A., Mañosa, S., Sanchez, R., Oria, J., Molina, J.I., Caldera, J., Aranda, A., Prada, L., 2007. Causes and spatio-temporal variations of non-natural mortality in the Vulnerable Spanish imperial eagle *Aquila adalberti* during a recovery period. *Oryx*, 41, 495-502.
- González, L.M.; Margalida, A. (Eds.). 2008. *Conservation biology of the Spanish imperial eagle*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid
- Guil, F., Fernández-Olalla, M., Moreno-Opo, R., Mosqueda, I., García, M.E., Aranda, A., Arredondo, A., Guzmán, J., Oria, J., Margalida, A., González, L.M. 2011. Minimising mortality in endangered raptors due to power lines: the importance of spatial aggregation to optimize application of mitigation measures. *PLoS ONE* 6(11): e28212
- Guzmán, J.; Castaño, J.P. 1998. Electrocución de rapaces en líneas eléctricas de distribución en Sierra Morena Oriental y Campo de Montiel. *Ardeola*, 45(2): 161-169
- Guzmán, J.N.; Jiménez, J. 1998. Alimentación del Buitre Negro *Aegypius monachus* durante los periodos reproductor y postreproductor en el Parque Nacional de Cabañeros. In, R. D.Chancellor. B.-U. Meyburg and J. J. Ferrero (eds): *Holarctic Birds of Prey*. Pp. 215-221. ADENEX-WWGBP, Badajoz.
- Harness, R.E.; Gombobaatar, S. 2008. Raptor electrocutions in the Mongolia steppe. *Winging it*, 20(6): 1-6
- Harness, R.E.; Rao Juvvadi, P. 2012. Bird Electrocutions in Western Rajasthan, India. V North American Ornithological Conference Abstract Book. Vancouver
- Haas, D.; Nipkow, M.; Fiedler, G.; Schneider, R.; Haas, W.; Schürenberg, B. 2005. Protecting birds from powerlines. Strasbourg: Council of Europe Publishing

- Herruzo, C.; Martínez-Jáuregui, M. 2013. Trends in hunters, hunting grounds and big game harvest in Spain. *Forest Systems* 22(1): 114-122
- Horváth, M., Demeter, I., Bagyura, J., Kovács, A., Lovászi, P., Nagy, K., Szügyi, K., Tóth, P. 2010.: Madarak és légvezeték. Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Budapest. 44 pp.
- Iglesias, J.J.; Izquierdo, P.; Álvarez, E. 2012. Cría en cautividad y reforzamiento de Águila-azor perdicera (*Aquila fasciata*) en la Comunidad de Madrid. *Chronica naturae*, 2: 73-82
- Infante, S.; Neves, J.; Ministro, J.; Brandão, R. 2005. Estudo sobre o Impacto das Linhas Elétricas de Média e Alta Tensão na Avifauna em Portugal. Quercus Associação Nacional de Conservação da Natureza e SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves. Lisboa
- Izquierdo, A.; Martín, C.; Rico, L. 1997. Factores técnicos y ambientales implicados en la electrocución de aves en los tendidos eléctricos. *Informes de la construcción*, 49(451): 49-56
- Janss, G.F.E. 2000. Avian mortality from power lines: a morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation*, 95(3): 353-359
- Janss, G.F.E.; Ferrer, M. 1998. Rate of bird collision with power lines: effects of conductor-marking and static wire-marking. *Journal of Field Ornithology*, 69: 8-17
- Janss, G.F.E.; Ferrer, M. 1999. Avian electrocution on power poles: European experiences. Pp. 145-164. In Ferrer, M.; Janss, G.F.E. (Eds.) *Birds and power lines. Collision, electrocution and breeding*. Quercus Editores. Madrid.
- Janss, G.F.E.; Ferrer, M. 1999. Mitigation of raptor electrocution on steel power poles. *Wildlife Society Bulletin*, 27(2): 263-273
- Jenkins, A.R.; Smallie, J.J.; Diamond, M. 2010. Avian collisions with power lines: a global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International*,
- JCCM. 2001. Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo
- Kabouche, B.; Bayeul, J.; Zimmerman, L.; Bayle, P. 2006. Mortalité des oiseaux sur le réseau électrique aérien. Enjeux et perspectives en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Rapport DIREN PACA - LPO PACA, Hyères
- Kaluga, I.; Sparks, T.H.; Tryjanowski, P. 2011. Reducing death by electrocution of the white stork *Ciconia ciconia*. *Conservation Letters*, 4(6): 483-487
- Karyakin I.V., Nikolenko E.G., Yazhov S.V., Bekmansurov, R.H. 2009. Raptor electrocution in the Altai Region: Results of Surveys in 2009, Russia. *Raptors Conservation* 16: 45-64
- Karyakin I.V.; Barabashin T.O. 2005. Dark holes in the Raptor Populations (Electrocutions of Birds of Prey on Power Lines in the Western Betpak-Dala), Kazakhstan. *Raptors Conservation* 4: 29-32
- Keith, D.A.; Martin, T.G.; McDonald-Madden, E.; Walters, C. 2011. Uncertainty and adaptive management for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 144: 1175-1178
- Kovacs, A.; Demeter, I.; Fatér, I.; Bagyura, J.; Nagy, K.; Szitta, T.; Firmánzsky, G.; Horváth, M. 2008. Current efforts to monitor and conserve the Eastern imperial eagle *Aquila heliaca* in Hungary. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 37(6): 457-459.
- Lasch, U.; Zerbe, S.; Lenk, M. 2010. Electrocution of raptors at power lines in Central Kazakhstan. *Waldökologie, Landschaftsforschung und Naturschutz* 9: 95-100
- Lehman, R.N., Kennedy, P.L., Savidge, S.A., 2007. The state of the art in raptor electrocution research: A global review. *Biological Conservation*, 136: 159-174.
- Lehman, R.N.; Savidge, J.A.; Kennedy, P.L.; Harness, R.E. 2010. Raptor electrocution rates for a utility in the intermountain Western United States. *Journal of Wildlife Management* 74(3):459-470
- Loomis, J. 2012. Total economic valuation of threatened and endangered species. Retrieved from <http://www.eoearth.org/article/156665>
- Lorenzo, J.A. 1995. Estudio preliminar sobre la mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Fuerteventura (Islas Canarias). *Ecología*, 9: 403-407

- Lorenzo, J.A.; Ginovés, J. 2007. Mortalidad de aves en los tendidos eléctricos de los ambientes esteparios de Lanzarote y Fuerteventura, con especial referencia a la avutarda hubara. SEO/BirdLife. La Laguna, Tenerife
- Lorenzo, J.A.; Linares, J.; Abreu, J.N. 1997. Mortalidad de aves por tendidos eléctricos en la isla de Lanzarote, Islas Canarias. *Vieraea*, 26: 1-10
- López de Carrión, M. 1994. La electrocución de rapaces en la provincia de Toledo: resultados y conclusiones. Pp. 23-35. En CODA (Ed.). *El impacto de los tendidos eléctricos en la avifauna*. CODA, Madrid
- López-López, P.; Ferrer, M.; Madero, A.; Casado, E.; McGrady, M. 2011. Solving man-induced large-scale conservation problems: the Spanish imperial eagle and power lines. *PloS ONE*, 6(3): e17196
- Madroño, A.; González, C.; Atienza J.C. 2004. Libro Rojo de las Aves de España. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. Madrid
- Mañosa, S. 2001. Strategies to identify dangerous electricity pylons for birds. *Biodiversity and Conservation*, 10: 1997-2012
- Margalida, A.; Colomer, M.A. 2012. Modelling the effects of sanitary policies on European vulture conservation. *Scientific Reports* 2: 753.
- Margalida, A.; Heredia, R.; Razin, M.; Hernández, M. 2008. Sources of variation in mortality of the Bearded Vulture *Gypaetus barbatus* in Europe. *Bird Conservation International*, 18:1-10
- Martin, G.R. 2011. Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis*, 153: 239-254
- Martínez, D.; Calvo, J.A.; López de Carrión, M.; Aranda, A. 2010. Área de dispersión y supervivencia juvenil del águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) en la provincia de Toledo. Pp. 199-220. In Diputación Provincial de Toledo (Ed.). *Actas II Congreso de naturaleza de la Provincia de Toledo*. Diputación Provincial de Toledo. Toledo
- McNeil, R.; Rodriguez, S.J.R.; Ouellet, H. 1985. Bird mortality at a power transmission line in Northwestern Venezuela. *Biological Conservation*, 31: 153-165.
- Mihelic, T.; Denan, D. 2011. Eagle Owl *Bubo bubo* and White Stork *Ciconia ciconia* electrocution on middle voltage electric poles in Slovenia. Poster presentado al Power lines and bird mortality in Europe International Conference. MME-BirdLife, Hungría.
- MMA. 2001. *Estrategia Nacional para la Conservación del Aguila imperial ibérica*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid
- Mojica, E.K.; Watts, B.D.; Paul, J.T.; Voss, S.T.; Pottie, J. 2009. Factors contributing to bald eagle electrocutions and line collisions on Aberdeen Proving Ground, Maryland. *Journal of Raptor Research*, 43: 57-61.
- Moleón, M.; Sánchez-Zapata, J.A.; Real, J.; García-Charton, J.A.; Gil-Sánchez, J.M. Palma, L.; Bautista, J.; Bayle, P. 2009; Large-scale spatio-temporal shifts in the diet of a predator mediated by an emerging infectious disease of its main prey. *Journal of Biogeography*, 36(8): 1502-1515
- Moreno-Opo, R., Arredondo, A., Guzmán, J.; Guil, F. 2007. Electrocutación de aves en tendidos eléctricos en la provincia de Ciudad Real, pp: 43-56. En Arredondo, A.; López-Jamar, J. (Eds.). *Anuario Ornitológico de Ciudad Real 2004-2005*. Grupo SEO-Ciudad Real. Ciudad Real
- Música, A. 1989. Aves electrocutadas en la Comunidad de Madrid. *Quercus*, 39: 29
- Negro, J.J. 1987. Adaptación de los tendidos eléctricos al entorno. *Monografías de Alytes*, 1. Adenex. Mérida
- Negro, J.J.; Ferrer, M.; Santos, C.; Regidor, S. 1989. Eficacia de dos métodos para proteger las aves. *Ardeola*, 36(2): 201-206
- Nelson, M. W. and P. Nelson. 1977. Power lines and birds of prey. In R. D. Chancellor (Ed.). *Proceedings of a World Conference on Birds of Prey*. Pp. 228-242. International Council for Bird Preservation. Vienna
- Olendorff, R.R.; Miller, A.D.; Lehman, R.N., 1981. *Suggested practices for raptor protection on power lines. The state of the art in 1981*. The Raptor Research Foundation Inc. Research Reports 4, 1-111
- Pelayo, E., Sampietro, F.J. 2005. Incidencia de los tendidos electricos sobre aves sensibles en Aragón. Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón

- Peter, T. 2012. Bird mortality caused by medium voltage power lines in the Plains of Heves (In Hungarian). Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum Mezőgazdaságtudományi Kar. Disponible en [portal.agr.unideb.hu/media/MUKOD\\_SZAB\\_2012\\_16844.doc](http://portal.agr.unideb.hu/media/MUKOD_SZAB_2012_16844.doc)
- Pergams, O.R.W.; Zaradic, P.A. 2008. Evidence for a fundamental and pervasive shift away from nature-based recreation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(7): 2295-2300
- Pérez-García, J.M.; Botella, F.; Sánchez-Zapata, J.A.; Moleón, M. 2011. Conserving outside protected areas: avian electrocutions in the periphery of Special Protection Areas for birds. *Bird Conservation International* 21: 296-302
- Pérez-García, J.M.; Izquierdo, A.; Crespo, J. 2010. El Real Decreto sobre tendidos y aves: El caso de la Comunidad Valenciana. *Quercus*, 291:
- Platt, M.C. 2005. Patterns of raptor electrocution mortality on distribution power lines in southeast Alberta. MsC Thesis. University of Alberta
- Penteriani, V. 1998. L'impatto delle linee elettriche sull'avifauna. WWF Toscana, Firenze
- Phernie, K.; Bird, D.M.; Dawson, R.D.; Lague, P.C. 2000. Effects of electromagnetic fields on the reproductive success of American kestrels. *Physiological and Biochemical Zoology*, 73(1): 60-65
- Ponce, C.; Alonso, J.C.; Argandoña, G.; Garcia Fernandez, A.; Carrasco, M. 2010. Carcass removal by scavengers and search accuracy affect bird mortality estimates at power lines. *Animal Conservation*, 13: 603-612.
- Prosser, P.; Natrass, C.; Prosser, C. 2008. Rate of removal of bird carcasses in arable farmland by predators and scavengers. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71(2): 601-608
- Quinn, G.P.; Keough, M.J. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Nueva York
- Real, J.; Grande, J.M.; Mañosa, S.; Sánchez-Zapata, J.A. 2001. Causes of death in different areas for Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* in Spain. *Bird Study*, 48(2): 221-228
- Regidor, S.; Santos, C.; Ferrer, M.; Negro, J.J. 1988. Experimento con modificaciones para postes eléctricos en el Parque Nacional de Doñana. *Ecología*, 2: 251-256
- Rollán, A.; Real, J.; Bosch, R.; Tintó, A.; Hernández-Matías, A. 2010. Modelling the risk of collision with power lines in Bonelli's Eagle *Hieraetus fasciatus* and its conservation implications. *Bird Conservation International*,
- Roviralta, F. 2008. Mortalidad de aves en tendidos eléctricos en un área de la Sierra de Guadarrama (Madrid). *Anuario Ornitológico de Madrid 2007-2008*: 116-121. SEO-Monticola, Madrid
- Rubolini, D., Bassi, E., Bogliani, G., Galeotti, P. and Garavaglia, R. 2001 Eagle Owl *Bubo bubo* and power line interactions in the Italian Alps. *Bird Conservation International* 11(4):319-324
- Rubolini D., Gustin M., Bogliani G., Garavaglia R., 2005. Birds and powerlines in Italy: an assessment. *Bird Conservation International*, 15: 131-145
- Ruiz, R.; Martín, J.L. 1997. Impacto de los tendidos eléctricos sobre la avifauna en Castilla-La Mancha. Determinación de un índice de valoración de la peligrosidad de tendidos eléctricos para aves rapaces. II Congreso Forestal. *Actas*, tomo 2: 431-436
- Sampaio, H. 2009. Relatório Final do Projecto de Avaliação da interacção entre a Avifauna e a Rede de Transporte e Distribuição de Energia Eléctrica dos Açores. SPEA Sociedade Portuguesa para o Estudo das Aves, Lisboa. Available at [http://www.erse.pt/pt/desempenhoambiental/ppda/sectorelectrico/Documents/PPDA%202006-2008/SPEA\\_2009\\_Interacao\\_Avifauna\\_Acores\\_Relatorio.pdf](http://www.erse.pt/pt/desempenhoambiental/ppda/sectorelectrico/Documents/PPDA%202006-2008/SPEA_2009_Interacao_Avifauna_Acores_Relatorio.pdf)
- Santos, S.M.; Carvalho, F.; Mira, A 2011 How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *PLoS ONE* 6(9): e25383
- Savareno, A.J.; Savareno, L.A.; Boettcher, R.; Haig, S.M. 1996. Avian behavior and mortality at power lines in coastal South Carolina. *Wildlife Society Bulletin*, 24(4): 636-648
- Schwarz, C.J: 2012. Design and Analysis of BACI Experiments. Online presentation. Available at <http://people.stat.sfu.ca/~cschwarz/Stat-650/Notes/MyPrograms/BACI/BACITalk-2012-10-15-UBC/baci.pdf>

- Scott, R.E.; Roberts, L.J.; Cadbury, C.J. 1972. Bird deaths from power lines at Dungeness. *British Birds*, 65: 273-286
- Sergio, F., Marchesi, L., Pedrini, P., Ferrer, M. and Penteriani, V. 2004. Electrocutation alters the distribution and density of a top predator, the eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Applied Ecology* 41(5): 836-845
- Sevillana-Iberdrola-REE, 1995. Análisis de impactos de líneas eléctricas sobre la avifauna de espacios naturales protegidos. Manual para la valoración de riesgos y soluciones. Sevillana-Iberdrola-Red Eléctrica Española, Sevilla.
- Shaw, J.M.; Jenkins, A.R.; Ryan, P.G.; Smallie, J.J. 2010. A preliminary survey of avian mortality on power lines in the Overberg, South Africa. *Ostrich* 81(2): 109-113
- Shobrak, M. 2011. Electrocutation and collision of birds with power lines in Saudi Arabia. *Zoology in the Middle East*, 57, 2012: 45-52.
- Smallie, J.; Virani, M.Z. 2010. A preliminary assessment of the potential risks from electrical infrastructure to large birds in Kenya. *Scopus*, 30: 32-39,
- K Steenhof, MN Kochert, JA Roppe. 1993. Nesting by raptors and common ravens on electrical transmission line towers. *Journal of Wildlife Management*, 57(2): 271-281
- Sundar, K.S.G.; Choudhury, B.C. 2005. Mortality of Sarus Cranes (*Grus antigone*) due to electricity wires in Uttar Pradesh, India. *Environmental Conservation*, 32(3): 260-69.
- Tere, A.; Parasharya, B.M. 2011. Flamingo mortality due to collision with high tension electric wires in Gujarat, India. *Journal of Threatened Taxa*, 3(11): 2192-2201
- Tinto, A., Real, J., Mañosa, S. 2002. Avaluació del risc d'electrocució d'aus en línies elèctriques situades a Sant Llorenç del Munt i rodalies. V Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac. Monografies 35: 129-133 Diputació de Barcelona. Barcelona
- Tinto, A.; Real, J.; Mañosa, S. 2010. Predicting and correcting electrocution of birds in Mediterranean areas. *Journal of Wildlife Management*, 74(8): 1852-1862
- Tirado y Reyero, 2005. Acción A.2. Proyecto LIFE02 NAT/E/8624 Recuperación de quebrantahuesos en los Picos de Europa. Fundación para la Conservación del Quebrantahuesos. Informe inédito
- Tryjanowski, P. Sparks, T.H.; Jerzak, L.; Rosin, Z.M.; Skórka, P. 2013. A paradox for conservation: electricity pylons may benefit avian diversity in intensive farmland. *Conservation Letters*. DOI: 10.1111/conl.12022
- Uríos, V.; Soutullo, A.; López-López, P.; Cadahía, L.; Limiñana, R.; Ferrer, M. 2008. The first case of successful breeding of a Golden Eagle *Aquila chrysaetos* tracked from birth by satellite telemetry. *Acta Ornithologica*, 42(2): 205-209
- Vera, J. 2004. Geología de España. Instituto Geológico y Minero de España-Sociedad Geológica Española. Madrid
- VV.AA. 2007. Vuelos de alto riesgo. *Paginas de información ambiental*, 16: 14-19
- Winning, G.; Murray, M., 1997. Flight behaviour and collision mortality of waterbirds flying across electricity transmission lines adjacent to the Shortland Wetlands, Newcastle. NSW. *Wetlands*, 17: 29-40.
- Zalba, F.J. 2009. Acciones para la conservación de fauna amenazada. Inedit report. Junta de Extremadura, Mérida
- Zalba, F.J. 2009. Catalogación de las líneas eléctricas peligrosas para las aves del P.Nat. Tajo Internacional y del P.Nac. Monfragüe. Inedit report. Junta de Extremadura, Mérida